

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 9 月 12 日 (12.09.2002)

PCT

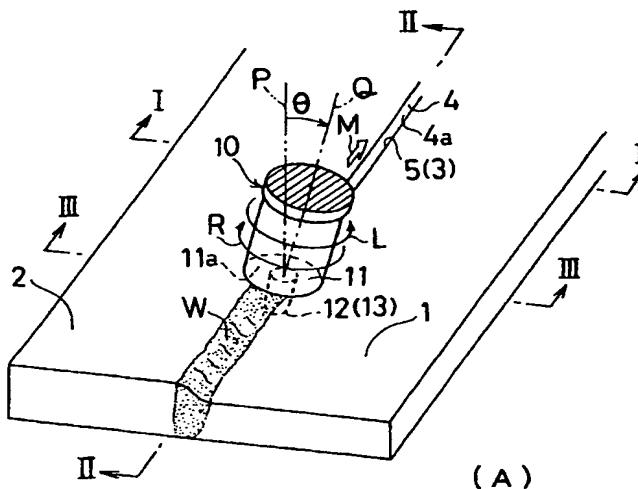
(10) 国際公開番号  
WO 02/070186 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: B23K 20/12 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 本田技研工業株式会社 (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒107-0062 東京都港区南青山二丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/02144
- (22) 国際出願日: 2002 年 3 月 7 日 (07.03.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (72) 発明者; および
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 成田 正幸 (NARITA, Masayuki) [JP/JP]; 〒351-0113 埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP). 浜 靖之 (HAMA, Yasuyuki) [JP/JP]; 〒351-0113 埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP). 秋山 浩 (AKIYAMA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒351-0113 埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP). 橋本 武典 (HASHIMOTO, Takenori)
- (30) 優先権データ:
- |              |                              |    |
|--------------|------------------------------|----|
| 特願2001-63304 | 2001 年 3 月 7 日 (07.03.2001)  | JP |
| 特願2001-78313 | 2001 年 3 月 19 日 (19.03.2001) | JP |
| 60/303,139   | 2001 年 7 月 6 日 (06.07.2001)  | US |
| 60/303,045   | 2001 年 7 月 6 日 (06.07.2001)  | US |

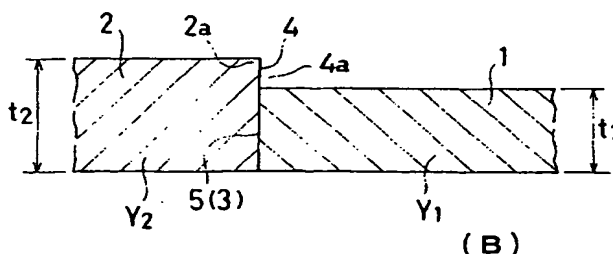
[続葉有]

(54) Title: FRICTION AGITATION JOINING METHOD, FLAT MATERIAL FOR PLASTIC WORKING, AND CLOSED-END SLEEVE-LIKE BODY

(54) 発明の名称: 摩擦撹拌接合法、塑性加工用板状素材および有底筒状体



(57) Abstract: A friction agitation joining method comprising the steps of using a joining tool (10) having a rotatable joining head (13), abutting two joint-subject members (1, 2) different in high-temperature deformation resistance against each other in such a manner as to form a level difference on the face side in the direction of thickness, arranging the joining head (13), which is rotating, such that it is embedded in the abutment (5) between the two joint-subject members or in the vicinity thereof from the face side, and, in this state, moving the joining head (13) relatively to the two joint-subject members (1, 2) along the abutment (5), thereby butt-joining the two joint-subject members (1, 2). The butt-joint is effected by setting the direction of rotation of the joining head (13) to a direction (L) such that on the rear side in the joining direction, it rotates from the joint-subject member (2) of higher, high-temperature deformation resistance to the joint-subject member (1) of lower, high-temperature deformation resistance.



[続葉有]



[JP/JP]; 〒323-0811 栃木県 小山市 犬塚 1 丁目  
4 8 0 番地 昭和電工株式会社内 Tochigi (JP). 長野 喜  
隆 (NAGANO, Yoshitaka) [JP/JP]; 〒323-0811 栃木県  
小山市 犬塚 1 丁目 4 8 0 番地 昭和電工株式会社内  
Tochigi (JP). 成瀬 茂利 (JOGAN, Shigetoshi) [JP/JP]; 〒  
592-8331 大阪府 堺市 築港新町 3-6-2 昭和アルミ  
ピューテック株式会社内 Osaka (JP).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

(74) 代理人: 末成 幹生 (SUENARI, Mikio); 〒104-0031 東京  
都中央区 京橋二丁目 6 番 1 4 号 日立第 6 ビル 4 階  
Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): DE, US.

(57) 要約:

回転可能な接合ヘッド (13) を備えた接合工具 (10) を用い、  
高温変形抵抗が相違する 2 個の接合部材 (1、2) を、厚さ方向に段  
差を表面側に生じる態様で突き合わせるとともに、回転している接合  
ヘッド (13) を両接合部材の突合せ部 (5) 又はその近傍に表面側  
から埋入した状態に配置し、この状態で、接合ヘッド (13) を突合  
せ部 (5) に沿って両接合部材 (1、2) に対して相対的に移動させ  
ることにより、両接合部材 (1、2) を突合せ接合する摩擦攪拌接合  
法である。接合ヘッド (13) の回転方向を、接合方向の後方側にお  
いて、高温変形抵抗の高い接合部材 (2) から高温変形抵抗の低い接  
合部材 (1) へと回転する方向 (L) に設定して、突合せ接合を行  
う。

## 明 細 書

## 摩擦撓拌接合法、塑性加工用板状素材及び有底筒状体

## 技術分野

この発明は、例えば、自動車、電算機器、産業機械等における金属製構造部材を製造する際に用いられる摩擦撓拌接合法に関する。また、この発明は、例えば金属製圧力容器（ビール等の炭酸飲料用ボトル缶、ガスボンベ等）や清涼飲料用ボトル缶として用いられる有底筒状体を形成するために好適な塑性加工用板状素材及び該素材から形成された有底筒状体に関する。

## 背景技術

摩擦撓拌接合法は、固相接合法の範疇に入り、接合部材である金属材の種類に制限を受けない、接合熱に伴う熱歪みが極めて少ない等の優れた利点を有し、近年、様々な構造物の接合手段として用いられてきている。

第5図及び第6図は、厚さ方向に段差を表面側にて生じる態様で突き合わされた2個の接合部材をこの摩擦撓拌接合により突合せ接合する場合について示している。

同図において、51は薄肉の平板状第1接合部材、52は厚肉の平板状第2接合部材である。第1接合部材51と第2接合部材52とは互いに異なる種類の金属材からなるものであり、更にこれら両接合部材51、52の肉厚も相異している。すなわち、第6図に示すように第1接合部材51はその高温変形抵抗が $Y1'$ で肉厚が $t1'$ のものであり、一方、第2接合部材52はその高温変形抵抗が $Y2'$ （但し $Y2' \neq Y1'$ ）で肉厚が $t2'$ （但し $t2' > t1'$ ）のものである。

ここでは、説明の便宜上、第1接合部材51の高温変形抵抗 $Y1'$ よりも第2接合部材52の高温変形抵抗 $Y2'$ の方が高い（即ち $Y2' > Y1'$ ）ものとして、説明を行う。

各接合部材51、52は幅方向の一端面53を突合せ面とするものであり、同

図では、これら両接合部材 5 1, 5 2 は裏面同士が面一に連なる態様にして端面 5 3, 5 3 同士が突き合わされており（突合せ部 5 5）、このため、厚さ方向に両者の肉厚差に対応した段差を表面側にて生じている。5 4 は両接合部材 5 1 5 2 の突合せ部 5 5 の位置における表面に形成された段部を示し、5 4 a はこの段部 5 4 のすみ部を示している。

6 0 は摩擦攪拌接合用の接合工具である。この接合工具 6 0 は、径大の円柱状回転子 6 1 と、該回転子 6 1 の端面 6 1 a の回転中心部に回転軸線 Q' 上に沿って突出して一体に設けられた径小のピン状プローブ 6 2 とを備えた回転可能なものであって、前記プローブ 6 2 を接合ヘッド 6 3 とするものである。

この接合工具 6 0 を用いて両接合部材 5 1, 5 2 の突合せ接合を行う場合には、突合せ部 5 5 に段差が生じているから、接合中に、摩擦熱にて軟化した両接合部材 5 1, 5 2 の肉が接合工具 6 0 のプローブ 6 2 近傍から飛散して肉不足に伴う接合欠陥が生じ易く、また摩擦熱の発生量の不足に伴う接合欠陥が生じ易く、このため、良好な接合部 W' を形成することが困難であった。

そこで、このような問題を解決するため、特開平 10-249553 号公報には、第 6 図に示すように、回転している接合工具 6 0 のプローブ 6 2 を突合せ部 5 5 に埋入した状態に配置するとともに、回転子 6 1 をその回転軸線 Q' が両接合部材 5 1, 5 2 に対して低位側の接合部材（即ち、第 1 接合部材 1）側に相対的に傾斜した状態に配置し、この状態で、プローブ 6 2 を突合せ部 5 5 に沿って両接合部材 5 1, 5 2 に対して相対的に移動させることにより、両接合部材 5 1, 5 2 を突合せ接合する方法が提案されている。なお、同図において、M' は接合方向を示し、R' は回転子 6 1 の回転方向を示している。

この提案方法では、プローブ 6 2 近傍から飛散する両接合部材 5 1, 5 2 の肉を回転子 6 1 の端面 6 1 a で反射したり回転子 6 1 の端面 6 1 a 内に収容したりすることができるようになって、肉不足に伴う接合欠陥の発生を防止できるようになるし、回転子 6 1 の回転軸線 Q' の第 1 接合部材 5 1 側への傾斜角  $\theta'$  を適宜変更することにより、摩擦熱の発生量を適度に調整することができるようになって、摩擦熱不足に伴う接合欠陥の発生を防止できるようになるという利点がある。さらに、この提案方法では、接合時に、回転子 6 1 の端面 6 1 a を、突合せ

部 5 5 から突出している高位側の接合部材（即ち、第 2 接合部材 5 2）の肩部 5 2 a に圧接することによって、当該肩部 5 2 a をその表面が傾斜面になるように塑性変形させることができ、この結果、得られる突合せ接合継手において段部 5 4 に生じる応力集中を緩和できるようになるという利点がある。なお、P' は接合部材 5 1 5 2 のプローブ埋入位置における表面の法線を示している。

ところで、摩擦撓拌接合では、接合部 W' の内部周縁部における、回転子 6 1 の回転方向 R' と接合方向 M' とが一致した位置にある縁部は、一般にアドバンスドエッジと呼ばれており、一方、このアドバンスドエッジとは反対側の位置にある縁部は、リトリートエッジと呼ばれている。

而して、一般に摩擦撓拌接合は、接合部 W' のアドバンスドエッジ近傍で空洞部を生じ易いという難点がある。この空洞部は、プローブ 6 2 の移動に伴って該プローブの移動方向後方側に連続して形成される接合欠陥であり、トンネル状の接合欠陥と呼ばれている。その発生原因は、アドバンスドエッジ側で第 2 接合部材 2 の肉の塑性流動が十分に行われなかったことに起因する。

したがって、上述した提案方法において、接合工具 6 0 の回転子 6 1 の回転方向を、もし仮に、接合方向 M' の後方側において、同図に示すように高温変形抵抗の低い第 1 接合部材 5 1 から高温変形抵抗の高い第 2 接合部材 5 2 へと回転する方向 R' に設定して、突合せ接合を行う場合には、上述したように接合部 W のアドバンスドエッジ近傍にトンネル状接合欠陥が生じ易くなることはもとより、アドバンスドエッジ側に配置されている第 2 接合部材 5 2 は高温変形抵抗 Y 2' が高いものであるから当該第 2 接合部材 2 の肉がより一層塑性流動され難く、この結果、トンネル状接合欠陥が極めて発生し易くなるという難点があった。

殊に、同図のように両接合部材 5 1, 5 2 が厚さ方向に段差を生じる態様で突き合わされている場合には、段部 5 4 のすみ部 5 4 a 内に存在している空気が接合時に接合部 W' の内部に巻き込まれてしまい、このため、かかるトンネル状接合欠陥がますます生じ易くなっていた。

また、例えばビール等の炭酸飲料用ボトル缶やガスボンベ等の金属製圧力容器は、専ら塑性加工の一種である深絞り加工等の絞り加工によって形成されている。その理由は、絞り加工によれば継ぎ目部のない圧力容器を形成することができ

るからである。

ところで、このような圧力容器において、その底壁部や天壁部の肉厚は、圧力容器として要求される強度を満たすべく、周壁部よりも厚肉に形成されていることが望ましい。

しかしながら、一般に絞り加工用の素材は、肉厚が均一な板状のものであるから、このような素材を用いてかかる圧力容器を形成する場合には、圧力容器の底壁部や天壁部の肉厚が周壁部よりも厚肉に形成されるように絞り加工を行わなければならない、高度な絞り加工技術を要するという難点があった。

本発明は、以上のような技術背景に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、高温変形抵抗が相異なる2個の接合部材を突合せ接合する摩擦攪拌接合法であって、両接合部材が厚さ方向に段差を表面側にて生じる態様で突き合わされている場合であっても、塑性流動不足に伴うトンネル状接合欠陥の発生を抑制することのできる摩擦攪拌接合法を提供することにある。

また、本発明の第2の目的は、厚肉部と薄肉部とを備えた加工品を容易に形成することができ且つ優れた成形性を有する塑性加工用板状素材及び該素材から形成された有底筒状体を提供することにある。

## 発明の開示

本発明の第1の特徴は摩擦攪拌接合法に関するもので、請求項1に係る発明は、回転可能な接合ヘッドを備えた接合工具を用い、高温変形抵抗が相異なる2個の接合部材を、厚さ方向に段差を表面側にて生じる態様で突き合わせるとともに、回転している接合ヘッドを両接合部材の突合せ部又はその近傍に表面側から埋入した状態に配置し、この状態で、接合ヘッドを突合せ部に沿って両接合部材に対して相対的に移動させることにより、両接合部材を突合せ接合する摩擦攪拌接合法であって、接合ヘッドの回転方向を、接合方向の後方側において、高温変形抵抗の高い接合部材から高温変形抵抗の低い接合部材へと回転する方向に設定して、突合せ接合を行うことを特徴としている。

この摩擦攪拌接合法においては、接合ヘッドの回転方向を、接合方向の後方側において、高温変形抵抗の高い接合部材から高温変形抵抗の低い接合部材へと回

転する方向に設定することにより、アドバンスドエッジ側には、両接合部材のうち高温変形抵抗の低い方の接合部材が配置されることになる。この結果、接合時に、摩擦熱にて軟化した当該接合部材の肉が接合ヘッドからの回転力を受けて迅速に塑性流動されるようになり、もってトンネル状接合欠陥の発生が抑制される。

なお、この発明において、両接合部材の高温変形抵抗の高低についての比較は、接合温度での変形抵抗に基づいて行う。これを具体的に示すと、両接合部材の双方が例えばアルミニウム又はその合金からなる場合には、 $200 \sim 600^{\circ}\text{C}$ の範囲内における平均変形抵抗に基づいて比較することが望ましく、特に $400 \sim 550^{\circ}\text{C}$ の範囲内における平均変形抵抗に基づいて比較することが最も望ましい。こうすることにより、トンネル状接合欠陥の発生を確実に抑制できるようになる。

請求項 2 に係る発明は、回転可能な接合ヘッドを備えた接合工具を用い、高温変形抵抗及び肉厚がそれぞれ  $Y_1$  及び  $t_1$  である第 1 接合部材と、高温変形抵抗及び肉厚がそれぞれ  $Y_2$  (但し  $Y_2 \neq Y_1$ ) 及び  $t_2$  である第 2 接合部材とを、厚さ方向に段差を表面側にて生じる態様で突き合わせるとともに、回転している接合ヘッドを両接合部材の突合せ部又はその近傍に表面側から埋入した状態に配置し、この状態で、接合ヘッドを突合せ部に沿って両接合部材に対して相対的に移動させることにより、両接合部材を突合せ接合する摩擦攪拌接合法であって、両接合部材が  $Y_2 \times t_2 < Y_1 \times t_1$  の関係式を満足して突き合わされているときには、接合ヘッドの回転方向を、接合方向の後方側において、第 1 接合部材から第 2 接合部材へと回転する方向に設定して、突合せ接合を行い、両接合部材が  $Y_2 \times t_2 > Y_1 \times t_1$  の関係式を満足して突き合わされているときには、接合ヘッドの回転方向を、接合方向の後方側において、第 2 接合部材から第 1 接合部材へと回転する方向に設定して、突合せ接合を行うことを特徴としている。

この摩擦攪拌接合法においては、両接合部材の双方の高温変形抵抗に加えて更に双方の肉厚をも考慮して接合ヘッドの回転方向を設定することにより、トンネル状接合欠陥の発生が確実に抑制されるようになる。

請求項 3 に係る発明は、上記請求項 1 又は 2 に係る発明において、前記接合工

具の接合ヘッドは、径大の回転子の端面に突設された径小のプロープからなり、回転している回転子をその回転軸線が両接合部材に対して低位側の接合部材側に相対的に傾斜した状態に配置するとともに、回転している回転子の端面を突合せ部から突出している高位側の接合部材の肩部に圧接した状態に配置し、この状態で、突合せ接合を行うものである。

これによれば、接合工具の回転子をその回転軸線が両接合部材に対して低位側の接合部材側に相対的に傾斜した状態に配置することにより、プロープ近傍から飛散する両接合部材の肉を回転子の端面で反射したり回転子の端面内に収容したりすることができるようになって、肉不足に伴う接合欠陥を防止できるようになる。

また、回転子の端面を高位側の接合部材の肩部に圧接した状態に配置することにより、回転子の端面で当該肩部をその表面が傾斜面になるように塑性変形させ得るようになる。この結果、得られる突合せ接合継手において段部に生じる応力集中を緩和できるようになる。また、回転子の回転軸線の低位側の接合部材側への傾斜角を適宜変更したり、回転子の端面における外径を適宜変更したりすることにより、摩擦熱の発生量を適度に調整することができるようになって、摩擦熱不足に伴う接合欠陥の発生を防止できるようになる。

また、回転子の端面を高位側の接合部材の肩部に圧接することで摩擦熱の発生量が増大し、この増大した摩擦熱を受けることによってアドバンスドエッジ側に配置されている接合部材の肉がより一層迅速に塑性流動されるようになり、この結果、トンネル状接合欠陥の発生が更に確実に抑制されるようになる。

請求項4に係る発明は、径大の回転子の端面に突設された径小のプロープからなる回転可能な接合ヘッドを備えた接合工具を用い、高温変形抵抗及び肉厚がそれぞれ $Y_1$ 及び $t_1$ である第1接合部材と、高温変形抵抗及び肉厚がそれぞれ $Y_2$ （但し $Y_2 \neq Y_1$ ）及び $t_2$ である第2接合部材とを、第2接合部材を高位側に位置させて厚さ方向に段差を表面側にて生じる態様で突き合わせるとともに、この突合せ状態において、両接合部材は $Y_2 \times t_2 > Y_1 \times t_1$ の関係式を満足しており、回転しているプロープを両接合部材の突合せ部又はその近傍に表面側から埋入した状態に配置するとともに、回転している回転子をその回転軸線が両



接合部材に対して第 1 接合部材側に相対的に傾斜した状態に配置し、且つ回転している回転子の端面を突合せ部から突出している第 2 接合部材の肩部に圧接した状態に配置し、この状態で、プローブを突合せ部に沿って両接合部材に対して相対的に移動させることにより、両接合部材を突合せ接合する摩擦撓拌接合法であって、接合ヘッドの回転方向を、接合方向の後方側において、第 2 接合部材から第 1 接合部材へと回転する方向に設定して、突合せ接合を行うことを特徴としている。

この摩擦撓拌接合においては、上記請求項 3 の発明と同じ理由により、アドバンスドエッジ側に配置された第 1 接合部材の肉が迅速に塑性流動されるようになり、この結果、トンネル状接合欠陥の発生が更に確実に抑制されるようになる。

また、接合方向の後方側において、回転子の端面に圧接されている第 2 接合部材の肩部の肉が、回転子の端面からの圧接力と回転子の回転力とを受けることで第 1 接合部材側に塑性流動されるようになる。この結果、当該肩部の肉が段部のすみ部内に効率良く充填されるようになり、もって得られる突合せ接合継手の接合強度が向上する。

次に、本発明の第 2 の特徴は塑性加工用板状素材に関するものであり、厚肉部と薄肉部とを備えるとともに、厚肉部と薄肉部とが摩擦撓拌接合により接合一体化されていることを特徴としている。

この素材では、該素材に対してその厚肉部及び薄肉部がそれぞれ得られる加工品の厚肉部及び薄肉部になるように塑性加工が行われる。このため、厚肉部と薄肉部とを備えた加工品を容易に形成できるようになる。また、摩擦撓拌接合は、固相接合の範疇に入り、接合に伴う熱歪み等の変形が極めて少ない、接合される部材の接合熱による機械的特性の劣化が極めて少ないという利点を有していることから、厚肉部と薄肉部とがこの摩擦撓拌接合により接合一体化されていることにより、接合に伴う熱歪み等の変形が防止又は抑制された素材が得られるようになり、更に接合部やその近傍の部位の成形性が低下することなく厚肉部と薄肉部とが接合一体化されるようになる。しかも、摩擦撓拌接合によれば、接合予定部の表面に該接合予定部に沿って段部が形成されている場合であっても、該接合予定部をその表面が傾斜面になるように接合することができるから、この摩擦撓拌接

合により厚肉部と薄肉部とを接合一体化することにより、素材を塑性加工する際に厚肉部と薄肉部との当接部に形成された段部において生じることのある応力集中を緩和し得るようになり、このため素材の成形性が向上する。したがって、この素材を用いて塑性加工を行うことにより、優れた品質を有する加工品が形成されるようになる。なお、この発明に係る素材は、様々な塑性加工用の素材として広く用いることができるが、特に、深絞り加工やへら絞り加工（即ちスピニング加工）等の絞り加工用の素材として好適に用いることができる。

また、上記塑性加工用板状素材において、前記薄肉部は前記厚肉部の周囲に形成されており、且つ、前記厚肉部が底壁部形成用部位又は天壁部形成用部材であり、前記薄肉部が周壁部形成用部位であることが望ましい。

この素材では、該素材に対してその厚肉部が得られる加工品の底壁部又は天壁部に且つ薄肉部が得られる加工品の周壁部になるように塑性加工が行われる。したがって、この素材を用いて塑性加工を行うことにより、厚肉の底壁部や天壁部と薄肉の周壁部とを備えた優れた品質を有する加工品が形成されるようになり、内部に圧力流体を収容する圧力容器を形成するための素材として特に好適に用いられるようになる。

この発明は有底筒状体に関するものでもあり、本発明の上記第2の特徴を有する塑性加工用板状素材が塑性加工されることにより形成されていることを特徴としている。

この場合には、優れた品質を有する有底筒状体が得られるようになる。

#### 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の第1の特徴の一実施形態の摩擦撹拌接合法を示す図で、（A）は両接合部材の接合途中の状態の斜視図、（B）はI-I線要部拡大断面図である。

第2図は、第1図（A）中のI-I線要部拡大断面図である。

第3図は、第1図（A）中のI-I-I線要部拡大断面図である。

第4図は、接合後の状態を示す、第3図に対応する図である。

第5図は、従来の摩擦撹拌接合法を示す図で、両接合部材の接合途中の状態の

斜視図である。

第6図は、第5図中のV I - V I 線要部拡大断面図である。

第7図は、本発明の第2の特徴の第1実施形態の有底筒状体を示す図であって、(A)は斜視図、(B)は断面図である。

第8図は、同有底筒状体を形成するための塑性加工用板状素材を接合前の状態で示す図であって、(A)は同素材の平面図、(B)は(A)中のX I I I - X I I I 線断面図、(C)は(B)中のA部分の拡大断面図である。

第9図は、同素材を接合途中の状態を示す図であって、(A)は同素材の斜視図、(B)は同素材の要部拡大断面図である。

第10図は、同素材を接合後の状態を示す図であって、(A)は同素材の斜視図、(B)は(A)中のX - X 線断面図、(C)は(B)中のB部分の拡大断面図である。

第11図は、本発明の第2の特徴の第2実施形態の有底筒状体を示す図であって、(A)は斜視図、(B)は断面図である。

第12図は、同有底筒状体を形成するための塑性加工用板状素材を接合前の状態で示す図であって、(A)は同素材の平面図、(B)は(A)中のX I I - X I I 線断面図、(C)は(B)中のC部分の拡大断面図、(D)は(B)中のD部分の拡大断面図である。

第13図は、同素材を接合後の状態を示す図であって、(A)は同素材の平面図、(B)は(A)中のX I I I - X I I I 線断面図、(C)は(B)中のE部分の拡大断面図、(D)は(B)中のF部分の拡大断面図である。

発明を実施するための最良の形態

次に、この発明の実施形態を図面を参照して説明する。

第1図～第4図は、この発明の第1の特徴の一実施形態を示している。この実施形態の摩擦撓拌接合により得られる突合せ接合継手は、自動車のテールードブランク材として用いられるものである。

第1図において、1は薄肉の長尺平板状第1接合部材、2は厚肉の長尺平板状第2接合部材である。

第 1 接合部材 1 と第 2 接合部材 2 とは、互いに異なる種類のアルミニウム又はその合金からなるものであり、このため互いに異なる高温変形抵抗を有している。さらに、両接合部材 1, 2 は互いに異なる肉厚を有している。

ここで、第 1 図 (B) に示すように第 1 接合部材 1 の高温変形抵抗及び肉厚をそれぞれ  $Y_1$  及び  $t_1$  とし、一方、第 2 接合部材 2 の高温変形抵抗及び肉厚をそれぞれ  $Y_2$  (但し  $Y_2 \neq Y_1$ ) 及び  $t_2$  とする。また  $t_2$  は  $t_1$  よりも大である (即ち  $t_2 > t_1$ ) とする。

第 1 接合部材 1 の高温変形抵抗  $Y_1$  と肉厚  $t_1$  との積 (即ち  $Y_1 \times t_1$ ) は、当該第 1 接合部材 1 の全高温変形抵抗に対応している。これと同じく、第 2 接合部材 2 の高温変形抵抗  $Y_2$  と肉厚  $t_2$  との積 (即ち  $Y_2 \times t_2$ ) は、当該第 2 接合部材 2 の全高温変形抵抗に対応している。

この実施形態では、説明の便宜上、第 1 接合部材 1 の高温変形抵抗  $Y_1$  よりも第 2 接合部材 2 の高温変形抵抗の  $Y_2$  の方が大きく (即ち  $Y_2 > Y_1$ )、且つ、第 1 接合部材 1 の全高温変形抵抗  $Y_1 \times t_1$  よりも第 2 接合部材 2 の全高温変形抵抗  $Y_2 \times t_2$  の方が大きい (即ち  $Y_2 \times t_2 > Y_1 \times t_1$ ) ものとして、説明を行う。

各接合部材 1, 2 は、幅方向の一端面 3 を突合せ面とするものであって、この端面 3 は接合部材の表面及び裏面に対して垂直に形成されている。そして、これら両接合部材 1, 2 は、裏面同士が面一に連なる態様で端面 3, 3 同士が突き合わされており (突合せ部 5)、このため、厚さ方向に両者の肉厚差に対応した段差を表面側にて生じている。更に、こうして突き合わされた両接合部材 1, 2 の突合せ部 5 裏面に、裏当て部材 (図示せず) が当てられている。第 1 図 (B) において、4 は、両接合部材 1, 2 の突合せ部 5 の位置における表面に形成された段部を示しており、4 a はこの段部 4 のすみ部を示している。また、両接合部材 1, 2 は裏面同士が面一に連なる態様で突き合わされているから、この突合せ状態において、第 2 接合部材 2 が高位側に、第 1 接合部材 1 が低位側に位置されるものとなる。

符号 10 は摩擦攪拌接合用の接合工具である。この接合工具 10 は、従来例で示されたもの (第 5 図参照、符号 60) と同じく、径大の円柱状回転子 11 と、

該回転子 11 の端面 11 a の回転中心部に回転軸線 Q 上に沿って突出して一体に設けられた径小のピン状プローブ 12 とを備えた回転可能なものであって、前記ピン状プローブ 12 を接合ヘッド 13 とするものである。回転子 11 及びプローブ 12 は両接合部材 1, 2 よりも硬質で且つ接合時に発生する摩擦熱に耐え得る耐熱材料から形成されている。また、プローブ 12 の外周面には、摩擦熱にて軟化した両接合部材 1, 2 の肉を攪拌するための攪拌用凸部（図示せず）が設けられている。また、回転子 11 の端面 11 a の少なくとも外周縁部は、回転軸線 Q に対して直交する平面内にあり、この実施形態では、回転子 11 の端面 11 a は平坦面からなる。なお、この発明では、回転子 11 の端面 11 a は、外周縁部から回転中心部に向かって窪んだ形状になっていても良い。

この接合工具 10 を用いて両接合部材 1, 2 を突合せ接合する場合には、まず、接合工具 10 の回転子 11 をその回転軸線 Q を中心に所定の回転方向（この回転方向については後述する）に回転させ、これによりプローブ 12 を回転させる。

次いで、第 3 図に示すように、両接合部材 1, 2 の表面側において、回転している回転子 11 の回転軸線 Q を第 1 接合部材 1 側に傾斜させる。そして、この状態で、回転しているプローブ 12 を段部 4 のすみ部 4 a 内から突合せ部 5 中に埋入する。さらに、この回転子 11 の端面 11 a を、両接合部材 1, 2 に跨らせた態様で突合せ部 5 から突出している第 2 接合部材 2 の肩部 2 a に圧接する。第 3 図において、P は接合部材 1, 2 のプローブ埋入位置における表面の法線を示している。また、 $\theta$ （但し  $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ）は、この P に対する回転子 11 の回転軸線 Q の第 1 接合部材 1 側への傾斜角を示している。なお、この発明では、プローブ 12 の突合せ部 5 への埋入は、両接合部材 1, 2 の長さ方向の端面から行っても良い。また、プローブ 12 を突合せ部 2 に埋入した後で、回転子 11 の回転軸線 Q を第 1 接合部材 1 側に傾斜させても良い。もとより、回転子 11 を傾斜させることで回転軸線 Q が第 1 接合部材 1 側に傾斜した状態を実現するのではなく、回転子 11 の姿勢を下向きに固定しておき、両接合部材 1, 2 を水平面に対して傾斜させることにより、かかる状態を実現しても良い。

そして、この状態で、プローブ 12 を突合せ部 5 に沿って移動させる。このプ

ローブ 5 の移動方向 M が接合方向となる。このとき、第 2 図に示すように、回転子 11 の回転軸線 Q を接合方向 M の後方側に僅かに傾斜させて当該回転子 11 の端面 11 a における接合方向の前部を、第 2 接合部材 2 の肩部 2 a から浮き上がらせ、この状態で移動させることが望ましい。こうすることにより、回転子 11 の端面 11 a における接合方向の前部が第 2 接合部材 2 の肩部 2 a 表面に存在することのある微細な凹凸に引っ掛かる不具合を防止し得るようになって、プローブ 12 をスムーズに所定方向に移動させることができるようになる。

このプローブ 12 の移動に伴い、両接合部材 1, 2 の突合せ部 5 がプローブ 12 によりプローブ埋入位置にて次々に接合されていく。W は接合部を示している。

ここで、回転子 11 の回転方向について説明する。

この実施形態では、上述したように両接合部材 1, 2 は  $Y_2 \times t_2 > Y_1 \times t_1$  の関係式を満足して突き合わされていることから、回転子 11 の回転方向を、接合方向 M の後方側において、第 2 接合部材 2 から第 1 接合部材 1 へと回転する方向 L に設定する。

このように回転子 11 の回転方向を設定して突合せ接合を行うことにより、トンネル状接合欠陥の発生を防止できるようになる。

すなわち、プローブ 12 の回転に伴い発生する摩擦熱と、回転子 11 の端面 11 a と両接合部材 1, 2 の表面との摺動に伴い発生する摩擦熱とによって、両接合部材 1, 2 はプローブとの接触部分近傍において軟化する。そして、両接合部材 1, 2 の軟化部中の肉が、回転子 11 及びプローブ 12 の回転力を受けて攪拌混合されるとともにプローブ 12 の移動に伴って該プローブ 12 の通過溝を埋めるように塑性流動する。このとき、両接合部材 1, 2 のうちアドバンスドエッジ側に配置されている第 1 接合部材 1 は全高温変形抵抗の低いものであるから、当該第 1 接合部材 1 の肉は、この回転子 11 及びプローブ 12 の回転力を受けることで、プローブ通過溝を埋めるように迅速に塑性流動するようになり、このためプローブ通過溝内に肉が不足なく且つ迅速に充填されるようになる。このため、リトリート近傍はもとよりアドバンスドエッジ近傍においても空洞部が生じることがなくなる。

こうしてプローブ通過溝内に肉が不足なく且つ迅速に充填されながら、当該肉が摩擦熱を急速に失って冷却固化される。

さらに、接合方向Mの後方側において、第2接合部材2の肩部2aが回転子11の端面11aからの圧接力を受けてその表面が傾斜面になるように塑性変形される。

以上の現象がプローブ12の移動に伴って連続的に繰り返されていき、最終的に両接合部材1, 2が突合せ部5の全長にわたって接合一体化され、もって所望する突合せ接合継手を得られる。

こうして得られた突合せ接合継手は、プローブ通過溝に両接合部材1, 2の肉が不足なく充填されており、つまり接合部Wのアドバンスドエッジ近傍にトンネル状接合欠陥が発生していないので、高い接合強度を有している。

さらに、この突合せ接合継手は、第2接合部材2の肩部2aが塑性変形されてその表面が傾斜面になるように形成されているので、段部4に生じる応力集中を緩和できるものとなっている。

また、この摩擦撈拌接合によれば、接合方向Mの後方側において、摩擦熱にて軟化した第2接合部材2の肩部2aの肉が、回転子11の端面11aからの圧接力と回転子11の回転力とを受けることによって第1接合部材1側に塑性流動されるようになり、この結果、当該肩部2aの肉が段部4のすみ部4a内に効率良く充填されるようになる。したがって、得られた突合せ接合継手は、肩部2aの肉が段部4のすみ部4a内に不足なく充填されている、つまり高い接合強度を有するものとなる。

その上、この摩擦撈拌接合法によれば、回転子11の端面11aを第2接合部材2の肩部2aに圧接することによって、摩擦熱をより多く発生させることができるので、この摩擦熱によって第1接合部材1の肉を、より一層迅速に塑性流動させることができる。したがって、トンネル状接合欠陥の発生をより一層確実に抑制することができる。

もとより、この摩擦撈拌接合法によれば、プローブ近傍から飛散する両接合部材1, 2の肉を回転子11の端面11aで反射したり回転子11の端面11a内に収容したりすることができるようになって、肉不足に伴う接合欠陥を防止でき

ようになるし、その上、回転子 11 の回転軸線 Q の第 1 接合部材 1 側への傾斜角を適宜変更したり、回転子 11 の端面 11 a における外径を適宜変更したりすることにより、摩擦熱の発生量を適度に調整することができるようになって、摩擦熱不足に伴う接合欠陥の発生を防止することができる。

以上の実施形態の摩擦撹拌接合法では、両接合部材 1, 2 が  $Y_2 \times t_2 > Y_1 \times t_1$  の関係式を満足して突き合わされている場合について説明しているが、これとは逆に、両接合部材 1, 2 が  $Y_2 \times t_2 < Y_1 \times t_1$  の関係式を満足して突き合わされている場合には、回転子 11 の回転方向を、接合方向 M の後方側において、第 1 接合部材 1 から第 2 接合部材 2 へと回転する方向 R に設定して、突合せ接合を行う。こうすることにより、トンネル状接合欠陥の発生を抑制できるようになる。この場合における他の接合手順は、上述した接合手順と同じであり、重複する説明を省略する。

以上、この発明の実施形態について説明したが、この発明は上記実施形態に限定されるものではなく、様々に設定変更可能である。

例えば、上記実施形態では、接合工具 10 のプローブ 12 を突合せ部 5 に沿って移動させて接合を行う場合について示しているが、この発明では、この他に、プローブ 12 の位置を固定しておき、突合せ部 5 が順次このプローブ 12 を通過するように両接合部材 1, 2 を移動させて接合を行っても良い。この場合には、両接合部材 1, 2 の移動方向とは反対の方向が接合方向となる。

次に、本発明の第 2 の特徴の実施形態を図面を参照して説明する。

第 10 図はこの発明に係る塑性加工用板状素材の第 1 実施形態を示し、第 7 図は該素材から形成された有底筒状体を示している。

第 7 図に示した有底筒状体 101 は、ビール等の炭酸飲料用ボトル缶やガスボンベ等の内部に圧力流体を収容するための圧力容器として用いられるものであって、アルミニウム又はその合金製のものであり、厚肉の円板状底壁部 102 と、該底壁部 102 の外周縁部に形成された薄肉の円筒状周壁部 103 とを備えている。この有底筒状体 101 は、素材 110 を深絞り加工することにより形成されたものである。



前記素材 1 1 0 は、第 1 0 図 (A) 及び (B) に示すように、全体が円板状に形成されたものであって、中央部に厚肉部 K が形成されるとともに、該厚肉部 K の周囲に薄肉部 N が形成されている。前記厚肉部 K は、第 8 図 (A) 及び (B) に示すように、アルミニウム又はその合金製の厚肉の円板状第 1 素片 1 1 1 から形成されている。前記薄肉部 N は、円形状の第 1 素片用嵌合孔 1 1 2 b を中央部に有するアルミニウム又はその合金製の薄肉の円環板状第 2 素片 1 1 2 から形成されている。

この素材 1 1 0 において、第 1 素片 1 1 1 は、前記有底筒状体 1 0 1 の底壁部 1 0 2 を形成する部位であって、その肉厚が例えば 5 mm でその材質が例えば A 5 0 8 3 製のものである。一方、第 2 素片 1 1 2 は、前記有底筒状体 1 0 1 の周壁部 1 0 3 を形成する部位であって、その肉厚が例えば 3 mm でその材質が例えば A 5 0 8 3 製のものである。そして、第 2 素片 1 1 2 の嵌合孔 1 1 2 b 内に第 1 素片 1 1 1 がぴったりと嵌合されるとともに、この嵌合状態で、第 1 素片 1 1 1 の外周縁部と第 2 素片 1 1 2 の嵌合孔 1 1 2 b 周縁部とが摩擦攪拌接合により全周に亘って接合 (W は接合部) されることにより、第 1 素片 1 1 1 と第 2 素片 1 1 2 とが一体化されている。

この素材 1 1 0 は次のようにして製作されたものである。

すなわち、第 8 図 (A) 及び (B) に示すように、接合用ベッド (図示せず) 上に載置された第 2 素片 1 1 2 の嵌合孔 1 1 2 b 内に第 1 素片 1 1 1 を、第 2 素片 1 1 2 の下面と第 1 素片 1 1 1 の下面とが面一に連なる態様にして、嵌合する。この嵌合状態において、第 1 素片 1 1 1 の肉厚と第 2 素片 1 1 2 の肉厚とは相異していることから、第 8 図 (C) に示すように、両素片 1 1 1, 1 1 2 の上面における第 2 素片 1 1 2 の嵌合孔 1 1 2 b 周縁部の位置に、両者の肉厚差に対応した段差を厚さ方向に生じている。同図において、1 1 5 は両素片 1 1 1, 1 1 2 の段部を示し、1 1 5 a はこの段部 1 1 5 のすみ部を示している。また、1 1 4 は第 1 素片 1 1 1 と第 2 素片 1 1 2 との嵌合部を示している。1 1 1 a はこの嵌合部 1 1 5 から上面側に厚さ方向に突出した第 1 素片 1 1 1 の肩部を示している。

次いで、この嵌合状態で、第 9 図 (A) 及び (B) に示すように、第 1 素片 1

1 1 の外周縁部と第 2 素片 1 1 2 の嵌合孔 1 1 2 b 周縁部とを摩擦攪拌接合により全周に亘って接合する。この摩擦攪拌接合について説明すると次の通りである。

符号 1 2 0 は摩擦攪拌接合用の接合工具であって、径大の円柱状回転子 1 2 1 と、該回転子 1 2 1 の端面 1 2 1 a の回転中心部に回転軸線に沿って突出して一体形成された径小のピン状プローブ 1 2 2 とを具備している。回転子 1 2 1 及びプローブ 1 2 2 は、両素片 1 1 1, 1 1 2 よりも硬質で且つ接合時に発生する摩擦熱に耐え得る耐熱材料から形成されている。また、プローブ 1 2 2 の外周面には、摩擦熱にて軟化した両素片 1 1 1, 1 1 2 の肉を攪拌するための攪拌用凸部（図示せず）が形成されている。

この接合工具 1 2 0 を用い、回転子 1 2 1 及びプローブ 1 2 2 を回転させるとともに、回転軸線を第 2 素片 1 1 2 側に両素片 1 1 1, 1 1 2 に対して相対的に傾斜させる。そして、この状態で、回転しているプローブ 1 2 2 を両素片 1 1 1, 1 1 2 の嵌合部 1 1 4 中に上面側から埋入し、更に、回転している回転子 1 2 1 の端面 1 2 1 a を嵌合部 1 1 4 から突出した第 1 素片 1 1 1 の肩部 1 1 1 a に押し付ける。この状態で、プローブ 1 2 2 を嵌合部 1 1 4 に沿って両素片 1 1 1, 1 1 2 に対して相対的に移動させて一回りさせる。

このプローブ 1 2 2 の移動に伴い、嵌合部 1 1 4 がプローブ埋入位置にてプローブ 1 2 2 により次々に接合されていく。

すなわち、プローブ 1 2 2 の回転により発生する摩擦熱と、回転子 1 2 1 の端面 1 2 1 a と第 1 素片 1 1 1 の肩部 1 1 1 a との摺動に伴い発生する摩擦熱とによって、両素片 1 1 1, 1 1 2 がプローブ埋入位置近傍にて軟化するとともに、第 1 素片 1 1 1 の肩部 1 1 1 a が回転子 1 2 1 の端面 1 2 1 a からの押付け力を受けてその表面が傾斜面になるように塑性変形されて当該肩部 1 1 1 a の肉が段部 1 1 5 のすみ部 1 1 5 a 内に充填される。

このように第 1 素片 1 1 1 の肩部 1 1 1 a が塑性変形されながら両素片 1 1 1, 1 1 2 の肉が、プローブ 1 2 2 の回転力を受けて攪拌混合されるとともにプローブ 1 2 2 の進行圧を受けてプローブ 1 2 2 の通過溝を埋めるように塑性流動したのち、摩擦熱を急速に失って冷却固化する。この現象がプローブ 1 2 2 の移動

に伴ってプローブ埋入位置にて順次繰り返されていき、最終的に両素片 1 1 1, 1 1 2 の嵌合部 1 1 4 が全周に亘って接合されて両素片 1 1 1, 1 1 2 が該嵌合部 1 1 4 において一体化され、もって第 1 0 図に示した素材 1 1 0 が得られる。

こうして得られた素材 1 1 0 において、第 1 素片 1 1 1 と第 2 素片 1 1 2 とは摩擦攪拌接合により接合一体化されているので、接合に伴う熱歪み等の変形が殆ど発生していない。

この素材 1 1 0 を用い、ポンチとダイを備えた公知の深絞り加工装置によって、該素材 1 1 0 に対して第 1 素片 1 1 1 及び第 2 素片 1 1 2 がそれぞれ有底筒状体 1 0 1 の底壁部 1 0 2 及び周壁部 1 0 3 になるように深絞り加工を行うことにより、第 7 図に示した有底筒状体 1 0 1 が形成される。この有底筒状体 1 0 1 において、接合部 W は底壁部 1 0 2 の外周縁部に形成されている。

而して、この深絞り加工を行う際には、素材 1 1 0 の第 1 素片 1 1 1 の肩部 1 1 1 a は塑性変形されることでその表面が第 1 0 図 (C) に示すように第 1 素片 1 1 1 の上面と第 2 素片 1 1 2 の上面とに跨った傾斜面に形成されているから、該素片 1 1 0 を深絞り加工する際に段部 (第 8 図 (C) 参照、符号 1 1 5) に生じることのある応力集中が緩和されるようになる。しかも、該素材 1 1 0 は、第 1 素片 1 1 1 と第 2 素片 1 1 2 とが摩擦攪拌接合により接合一体化されたものであるから、接合熱による機械的特性の劣化が極めて小さく、接合部 W やその近傍の部位の成形性は良好である。したがって、この素材 1 1 0 に対して深絞り加工を行った場合であっても、底壁部 1 0 2 と周壁部 1 0 3 とを連結した屈曲部や接合部 W 近傍にて生じることのある割れ等の成形不良が発生しなくなり、かかる深絞り加工を容易に遂行することができるようになり、この結果、優れた品質を有する有底筒状体 1 0 1 を形成できるようになる。このため、このように形成された有底筒状体 1 0 1 は、内部に圧力流体を収容するための圧力容器として特に好適に適用することができる。

第 1 3 図は本発明の第 2 の特徴に係る塑性加工用板状素材の第 2 実施形態を示し、第 1 2 図は該素材から形成された有底筒状体を示している。以下、この素材及び有底筒状体を上記第 1 実施形態との相異点を中心に説明する。

第 1 2 図に示した有底筒状体 1 3 1 は、アルミニウム又はその合金製のもので

あって、厚肉の円板状底壁部 1 3 2 と、該底壁部 1 3 2 の外周縁部に一体形成された薄肉の円筒状周壁部 1 3 3 と、該周壁部 1 3 3 の上端周縁部に一体形成された厚肉のドーム状天壁部 1 3 4 とを備えている。天壁部 1 3 4 の頂部には、円形状の孔 1 3 4 a が形成されている。この有底筒状体 1 3 1 は、素材 1 4 0 を深絞り加工及びへら絞り加工することにより形成されたものである。

素材 1 4 0 は、第 1 3 図 (A) 及び (B) に示すように、全体が円板状に形成されたものであって、中央部に第 1 厚肉部 K 1 が形成されるとともに、該第 1 厚肉部 K 1 の周囲に薄肉部 N が形成され、更に該薄肉部 N の周囲に第 2 厚肉部 K 2 が形成されている。前記第 1 厚肉部 K 1 は、第 1 2 図 (A) 及び (B) に示すように、アルミニウム又はその合金製の厚肉の円板状第 1 素片 1 4 1 から形成されている。前記薄肉部 N は、円形状の第 1 素片用嵌合孔 1 4 2 b を中央部に有するアルミニウム又はその合金製の薄肉の円環板状第 2 素片 1 4 2 から形成されている。前記第 2 厚肉部 K 2 は、円形状の第 2 素材用嵌合孔 1 4 3 b を中央部に有するアルミニウム又はその合金製の厚肉の円環板状第 3 素片 1 4 3 から形成されている。

この素材 1 4 0 において、第 1 素片 1 4 1 は、前記有底筒状体 1 3 1 の底壁部 1 3 2 を形成する部位であって、その肉厚が例えば 5 mm でその材質が例えば A 5 0 8 3 製のものである。一方、第 2 素片 1 4 2 は、前記有底筒状体 1 3 1 の周壁部 1 3 3 を形成する部位で、その肉厚が例えば 3 mm でその材質が例えば A 5 0 8 3 製のものである。また、第 3 素片 1 4 3 は、前記有底筒状体 1 3 1 の天壁部 1 3 4 を形成する部位であって、その肉厚が例えば 5 mm でその材質が例えば A 5 0 8 3 製のものである。そして、第 3 素片 1 4 3 の嵌合孔 1 4 3 b 内に第 2 素片 1 4 2 がぴったりと嵌合されるとともに、該第 2 素片 1 4 2 の嵌合孔 1 4 2 b 内に第 1 素片 1 4 1 がぴったりと嵌合され、この嵌合状態で、第 1 素片 1 4 1 の外周縁部と第 2 素片 1 4 2 の嵌合孔 1 4 2 b 周縁部とが摩擦撓拌接合により全周に亘って接合されることにより、第 1 素片 1 1 1 と第 2 素片 1 1 2 とが一体化され、更に第 2 素片 1 4 2 の外周縁部と第 3 素片 1 4 3 の嵌合孔 1 4 3 b 周縁部とが摩擦撓拌接合により全周に亘って接合されることにより、第 2 素片 1 4 2 と第 3 素片 1 4 3 とが一体化されたものである。

この素材 1 4 0 は次のようにして製作されたものである。

すなわち、第 1 2 図 (A) 及び (B) に示すように、接合用ベッド (図示せず) 上に載置された第 3 素片 1 4 3 の嵌合孔 1 4 3 b 内に第 2 素片 1 4 2 を、第 3 素片 1 4 3 の下面と第 2 素片 1 4 2 の下面とが面一に連なる態様にして、嵌合する。この嵌合状態において、第 2 素片 1 4 2 の肉厚と第 3 素片 1 4 3 の肉厚とは相異していることから、第 1 2 図 (C) に示すように、両素片 1 4 2, 1 4 3 の上面における第 3 素片 1 4 3 の嵌合孔 1 4 3 b 周縁部の位置に、両者の肉厚差に対応した段差を厚さ方向に生じている。同図において、1 4 7 は両素片 1 4 2, 1 4 3 の段部を示し、1 4 7 a はこの段部 1 4 7 のすみ部を示している。また、1 4 6 は第 2 素片 1 4 2 と第 3 素片 1 4 3 との嵌合部を示している。1 4 3 a はこの嵌合部 1 4 6 から上面側に厚さ方向に突出した第 3 素片 1 4 3 の肩部を示している。更に、第 2 素片 1 4 2 の嵌合孔 1 4 2 b 内に第 1 素片 1 4 1 を、第 2 素片 1 4 2 の下面と第 1 素片 1 4 1 の下面とが面一に連なる態様にして、嵌合する。この嵌合状態において、第 1 素片 1 4 1 の肉厚と第 2 素片 1 4 2 の肉厚とは相異していることから、第 1 2 図 (D) に示すように、両素片 1 4 1, 1 4 2 の上面における第 2 素片 1 4 2 の嵌合孔 1 4 2 b 周縁部の位置に、両者の肉厚差に対応した段差を厚さ方向に生じている。同図において、1 4 5 は両素片 1 4 1, 1 4 2 の段部を示し、1 4 5 a はこの段部 1 4 5 のすみ部を示している。また、1 4 4 は第 1 素片 1 4 1 と第 2 素片 1 4 2 との嵌合部を示している。1 4 1 a はこの嵌合部 1 4 4 から上面側に厚さ方向に突出した第 1 素片 1 4 1 の肩部を示している。

次いで、この嵌合状態で、上記第 1 実施形態で示した摩擦撓拌接合用の接合工具 (第 9 図参照、符号 1 2 0) を用い、第 2 素片 1 4 2 の外周縁部と第 3 素片 1 4 3 の嵌合孔 1 4 3 b 周縁部とを摩擦撓拌接合により全周に亘って接合することにより、第 3 素片 1 4 3 と第 2 素片 1 4 2 とを一体化する。更に、第 1 素片 1 4 1 の外周縁部と第 2 素片 1 4 2 の嵌合孔 1 4 2 b 周縁部とを同じく摩擦撓拌接合により全周に亘って接合することにより、第 2 素片 1 4 2 と第 1 素片 1 4 1 とを一体化する。この摩擦撓拌接合は、上記第 1 実施形態と同じ接合操作及び接合手順により行われ、重複する説明を省略する。

こうして得られた素材 1 4 0 において、第 1 素片 1 4 1 と第 2 素片 1 4 2 とは摩擦撓拌接合により接合一体化されているので、接合に伴う熱歪み等の変形が殆ど発生していない。更に、第 2 素片 1 4 2 と第 3 素片 1 4 3 とは同じく摩擦撓拌接合により接合一体化されているので、接合に伴う熱歪み等の変形が殆ど発生していない。

この素材 1 4 0 を用い、ポンチとダイを備えた公知の深絞り加工装置によって、該素材 1 4 0 に対して第 1 素片 1 4 1 及び第 2 素片 1 4 2 がそれぞれ有底筒状体 1 3 1 の底壁部 1 3 2 及び周壁部 1 3 3 になるように深絞り加工を行う。更に、公知のへら絞り加工装置によって、第 3 素片 1 3 2 が有底筒状体 1 3 1 の天壁部 1 3 4 になるようにへら絞り加工を行うことにより、第 1 図 1 に示した有底筒状体 1 3 1 が形成される。この有底筒状体 1 3 1 において、第 1 素片 1 4 1 と第 2 素片 1 4 2 とを接合した接合部 W 1 は、底壁部 1 3 2 の外周縁部に形成されており、また第 2 素片 1 4 2 と第 3 素片 1 4 3 とを接合した接合部 W 2 は、天壁部 1 3 4 の外周縁部に形成されている。

而して、深絞り加工を行う際には、素材 1 4 0 の第 1 素片 1 4 1 の肩部 1 4 1 a は塑性変形されることでその表面が第 1 第 3 図 (D) に示すように第 1 素片 1 4 1 の上面と第 2 素片 1 4 2 の上面とに跨った傾斜面に形成されているので、該素片 1 4 0 を深絞り加工する際に段部 (第 1 2 図 (D) 参照、符号 1 4 5) に生じることのある応力集中が緩和されるようになる。しかも、該素材 1 4 0 は、第 1 素片 1 4 1 と第 2 素片 1 4 2 とが摩擦撓拌接合により接合一体化されたものであるから、接合部 W 1 やその近傍の部位の加工性は良好である。したがって、この素材 1 4 0 に対して深絞り加工を行った場合であっても、底壁部 1 3 2 と周壁部 1 3 3 とを連結した屈曲部や接合部 W 1 近傍にて生じることのある割れ等の成形不良が発生しなくなり、かかる深絞り加工を容易に遂行することができる。その上、へら絞り加工を行う際には、素材 1 4 0 の第 3 素片 1 4 3 の肩部 1 4 3 a は塑性変形されて、その表面が第 1 3 図 (C) に示すように第 2 素片 1 4 2 の上面と第 3 素片 1 4 3 の上面とに跨った傾斜面に形成されているので、該素片 1 4 0 をへら絞り加工する際に段部 (第 1 2 図 (C) 参照、符号 1 4 7) に生じることのある応力集中が緩和されるようになる。しかも、該素材 1 4 0 は、第 3 素片

143と第2素片142とが摩擦撓拌接合により接合一体化されたものであるから、接合部W2及びその近傍の部位の加工性は良好である。したがって、この素材140に対してへら絞り加工を行った場合であっても、周壁部133と天壁部134とを連部した屈曲部や接合部W2近傍にて生じることのある割れ等の成形不良が発生しなくなり、かかるへら絞り加工を容易に遂行することができる。この結果、優れた品質を有する有底筒状体131を形成することができる。このため、このように形成された有底筒状体131は、内部に圧力流体を収容するための圧力容器として特に好適に用いることができる。

以上、本発明の第2の特徴に係る第1実施形態及び第2実施形態を示したが、この発明はこれら実施形態に限定されるものではなく、様々に設定変更可能である。

例えば、上記実施形態の有底筒状体101、131はいずれも、円筒状のものであるが、この発明に係る有底筒状体は、この他に角筒状のものであっても良い。また同じく、上記実施形態の素材110、140はいずれも、円板状のものであるが、この発明に係る素材は、この他に角板状のものであっても良い。

また、上記実施形態の素材110、140は、深絞り加工やへら絞り加工等の絞り加工用のものであるが、この発明に係る素材は、他の塑性加工用のものであっても良い。

また、この発明に係る素材は、互いに同一の材質からなる複数個の金属製素片から構成されていても良いことはもとより、互いに異なる材質からなる複数個の金属製素片から構成されていても良い。このように、素材が互いに異なる材質からなる複数個の素片から構成されている場合であっても、摩擦撓拌接合は、異種金属材同士を良好に接合できるという利点を有しているから、接合状態の良好な素材を提供することができる。

## 第1の特徴の実施例

次に、本発明の第1の特徴の具体的実施例を説明する。

### <実施例1>

第1接合部材1として、平板状のアルミニウム合金材（材質A6063-T5

、肉厚  $t_1 = 1.0 \text{ mm}$ ）からなるものを準備した。第2接合部材2として、平板状のアルミニウム合金材（材質A5052-H34、肉厚  $t_2 = 2.0 \text{ mm}$ ）からなるものを準備した。

なお、6063-T5の400～550℃の範囲内における平均変形抵抗と5052-H34の同温度範囲内における平均変形抵抗とを比較すると、5052-H34の方が高いことが一般に知られている。したがって、同温度範囲において第1接合部材1の全高温変形抵抗と第2接合部材2の全高温変形抵抗とを比較すると、第2接合部材2の方が高くなる。

次いで、上記実施形態と同様に、両接合部材1，2を裏面同士が面一に連なる態様にして突き合わせた。そして、接合工具10の回転子11の回転方向を、接合方向Mの後方側において、第2接合部材2から第1接合部材1へと回転する方向Lに設定して、上記実施形態で示された接合手順に従って、両接合部材1，2の突合せ接合を行った。

#### <比較例1>

接合工具10の回転子11の回転方向を、接合方向Mの後方側において、第1接合部材1から第2接合部材2へと回転する方向Rに設定して、突合せ接合を行った。用いた接合部材及び他の接合条件は、上記実施例1と同じである。

#### <実施例2>

第1接合部材1として、平板状のアルミニウム合金材（材質A5083-H34、肉厚  $t_1 = 1.0 \text{ mm}$ ）からなるものを準備した。第2接合部材2として、平板状のアルミニウム合金材（材質A6063-T5、肉厚  $t_2 = 3.0 \text{ mm}$ ）からなるものを準備した。

なお、5083-H34の400～550℃の範囲内における平均変形抵抗と6063-T5の同温度範囲内における平均変形抵抗とを比較すると、5083-H34の方が高いことが一般に知られている。しかしながら、双方の肉厚をも考慮して各接合部材の全高温変形抵抗を算出し、同温度範囲内における第1接合部材1の全高温変形抵抗と第2接合部材2の全高温変形抵抗とを比較すると、第2接合部材2の方が高くなる。

次いで、上記実施形態と同様に、両接合部材1，2を裏面同士が面一に連なる



態様にして突き合わせた。そして、接合工具 10 の回転子 11 の回転方向を、接合方向 M の後方側において、第 2 接合部材 2 から第 1 接合部材 1 へと回転する方向 L に設定して、上記実施形態で示された接合手順に従って、両接合部材 1, 2 の突合せ接合を行った。

#### 〔接合結果〕

上記実施例 1、実施例 2 及び比較例 1 で得られた突合せ接合継手の接合部に対して顕微鏡による断面観察を行い、その接合状態を調べた。

この結果、比較例 1 で得られた突合せ接合継手では、接合部 W のアドバンスドエッジ近傍にトンネル状接合欠陥が多数発生していた。

これに対して、実施例 1 及び実施例 2 で得られた突合せ接合継手では、いずれも、接合部 W のリトリートエッジ近傍はもとよりアドバンスドエッジ近傍にもトンネル状接合欠陥が発生していなかった。したがって、この発明によれば、良好な接合部を形成できることを確認し得た。

### 第 2 の特徴の実施例

#### ＜実施例 1＞

本発明の第 2 の特徴の第 1 実施形態の有底筒状体 1 を深絞り加工より形成するため、肉厚が 5 mm で材質が A 5 0 8 3 である第 1 素片 1 1 と、肉厚が 3 mm で材質が A 5 0 8 3 である第 2 素片 1 2 とを準備した。そして、第 1 素片 1 1 と第 2 素片 1 2 とを摩擦攪拌接合により上記第 1 実施形態の接合操作及び手順に従って接合一体化することにより、深絞り加工用素材 1 1 0 を製作した。次いで、この素材 1 1 0 に対して深絞り加工を行うことにより、有底筒状体 1 0 1 を形成した。

#### ＜比較例 1＞

第 1 素片と第 2 素片とを、M I G 溶接によって接合一体化することにより、深絞り加工用素材を製作した。次いで、この素材に対して深絞り加工を行うことにより、有底筒状体を形成した。他の形成条件は上記実施例 1 と同じである。

#### ＜比較例 2＞

第 1 素片と第 2 素片とを、レーザビーム溶接によって接合一体化することによ

り、深絞り加工用素材を製作した。次いで、この素材に対して深絞り加工を行うことにより、有底筒状体を形成した。他の形成条件は上記実施例 1 と同じである。

。以上の実施例 1 及び比較例 1、2 で製作された素材について、接合又は溶接による変形状態及び深絞り成形性を調べた。この結果を第 1 表に示す。

第 1 表

	接合手段又は溶接手段	変形状態	成形性
実施例 1	摩擦撹拌接合	○	○
比較例 1	M I G 溶接	×	×
比較例 2	レーザビーム溶接	△	×

なお、同表の変形状態の欄において、○は変形が極めて小さい、△は変形がやや大きい、×は変形が極めて大きいことを示している。また、同表の成形性の欄において、○は成形性が良好である、×は成形性が悪いことを示している。

同表に示すように、比較例 1 の素材は、溶接に伴う変形が極めて大きく、しかも成形性も悪いことが分かった。また、比較例 2 の素材は、溶接に伴う変形がやや大きく、また成形性が悪いことが分かった。これに対して、実施例 1 の素材は、接合に伴う変形が極めて小さく、しかも成形性も良好であることを確認し得た。

## 請 求 の 範 囲

1. 回転可能な接合ヘッドを備えた接合工具を用い、

高温変形抵抗が相異なる2個の接合部材を、厚さ方向に段差を表面側にて生じる態様で突き合わせるとともに、

回転している接合ヘッドを両接合部材の突合せ部又はその近傍に表面側から埋入した状態に配置し、

この状態で、接合ヘッドを突合せ部に沿って両接合部材に対して相対的に移動させることにより、両接合部材を突合せ接合する摩擦攪拌接合法であって、

接合ヘッドの回転方向を、接合方向の後方側において、高温変形抵抗の高い接合部材から高温変形抵抗の低い接合部材へと回転する方向に設定して、突合せ接合を行うことを特徴とする摩擦攪拌接合法。

2. 回転可能な接合ヘッドを備えた接合工具を用い、

高温変形抵抗及び肉厚がそれぞれ $Y_1$ 及び $t_1$ である第1接合部材と、高温変形抵抗及び肉厚がそれぞれ $Y_2$ （但し $Y_2 \neq Y_1$ ）及び $t_2$ である第2接合部材とを、厚さ方向に段差を表面側にて生じる態様で突き合わせるとともに、

回転している接合ヘッドを両接合部材の突合せ部又はその近傍に表面側から埋入した状態に配置し、

この状態で、接合ヘッドを突合せ部に沿って両接合部材に対して相対的に移動させることにより、両接合部材を突合せ接合する摩擦攪拌接合法であって、

両接合部材が $Y_2 \times t_2 < Y_1 \times t_1$ の関係式を満足して突き合わされているときには、接合ヘッドの回転方向を、接合方向の後方側において、第1接合部材から第2接合部材へと回転する方向に設定して、突合せ接合を行い、

両接合部材が $Y_2 \times t_2 > Y_1 \times t_1$ の関係式を満足して突き合わされているときには、接合ヘッドの回転方向を、接合方向の後方側において、第2接合部材から第1接合部材へと回転する方向に設定して、突合せ接合を行うことを特徴とする摩擦攪拌接合法。

3. 前記接合工具の接合ヘッドは、径大の回転子の端面に突設された径小のプローブからなり、

回転している回転子とその回転軸線が両接合部材に対して低位側の接合部材側に相対的に傾斜した状態に配置するとともに、回転している回転子の端面を突合せ部から突出している高位側の接合部材の肩部に圧接した状態に配置し、

この状態で、突合せ接合を行う請求項 1 又は 2 記載の摩擦攪拌接合法。

4. 径大の回転子の端面に突設された径小のプロープからなる回転可能な接合ヘッドを備えた接合工具を用い、

高温変形抵抗及び肉厚がそれぞれ  $Y_1$  及び  $t_1$  である第 1 接合部材と、高温変形抵抗及び肉厚がそれぞれ  $Y_2$  (但し  $Y_2 \neq Y_1$ ) 及び  $t_2$  である第 2 接合部材とを、第 2 接合部材を高位側に位置させて厚さ方向に段差を表面側にて生じる態様で突き合わせるとともに、この突合せ状態において、両接合部材は  $Y_2 \times t_2 > Y_1 \times t_1$  の関係式を満足しており、

回転しているプロープを両接合部材の突合せ部又はその近傍に表面側から埋入した状態に配置するとともに、回転している回転子とその回転軸線が両接合部材に対して第 1 接合部材側に相対的に傾斜した状態に配置し、且つ回転している回転子の端面を突合せ部から突出している第 2 接合部材の肩部に圧接した状態に配置し、

この状態で、プロープを突合せ部に沿って両接合部材に対して相対的に移動させることにより、両接合部材を突合せ接合する摩擦攪拌接合法であって、

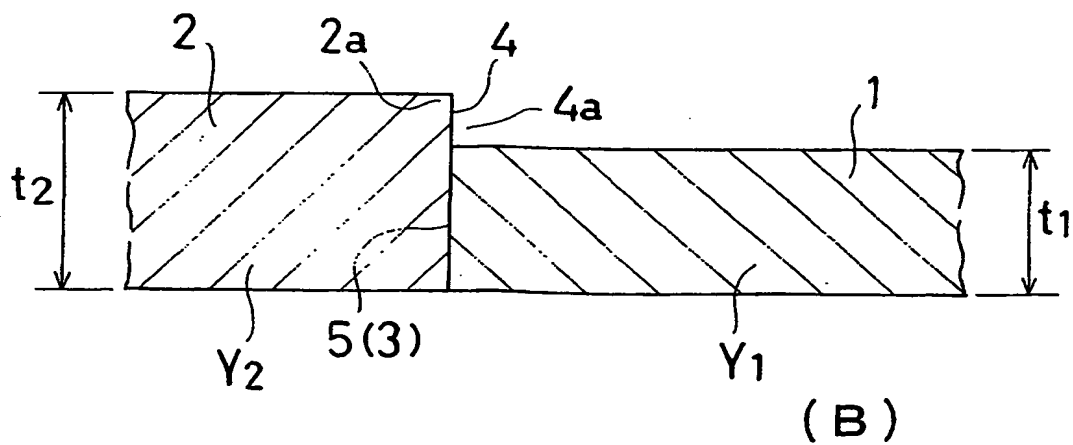
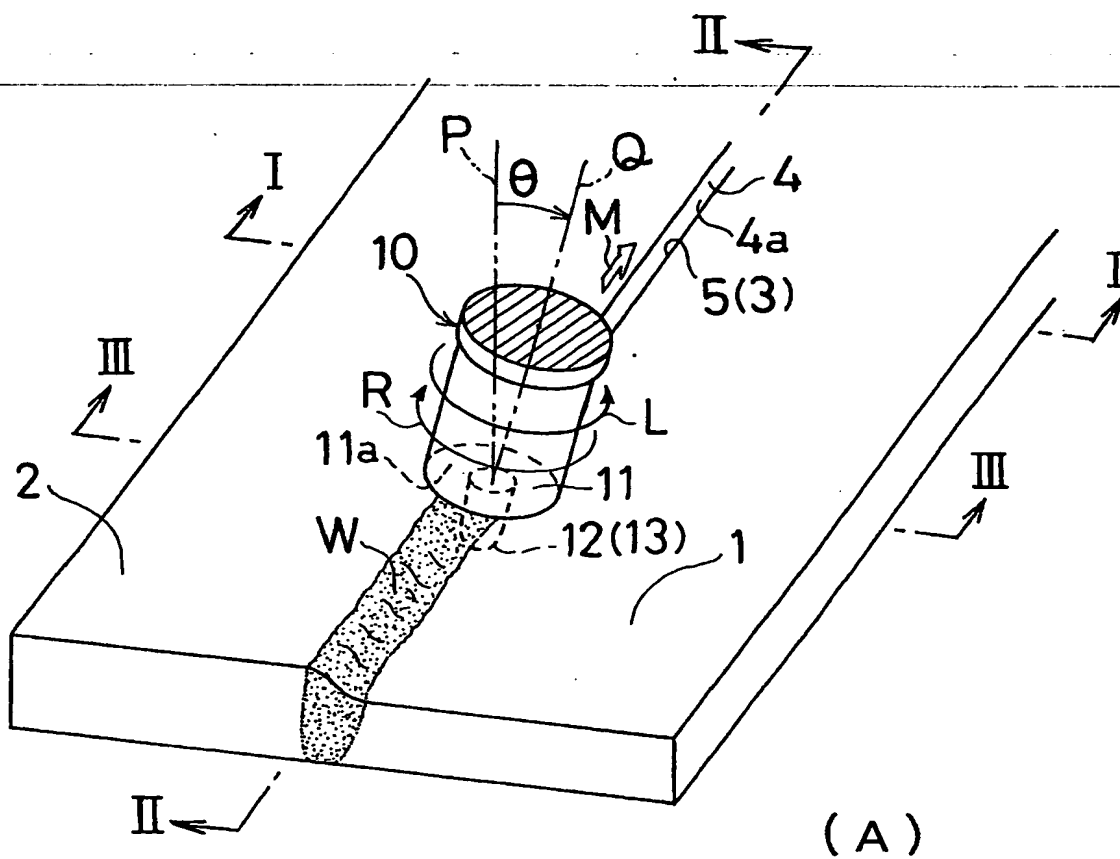
接合ヘッドの回転方向を、接合方向の後方側において、第 2 接合部材から第 1 接合部材へと回転する方向に設定して、突合せ接合を行うことを特徴とする摩擦攪拌接合法。

5. 厚肉部と薄肉部とを備えるとともに、厚肉部と薄肉部とが摩擦攪拌接合により接合一体化されていることを特徴とする塑性加工用板状素材。

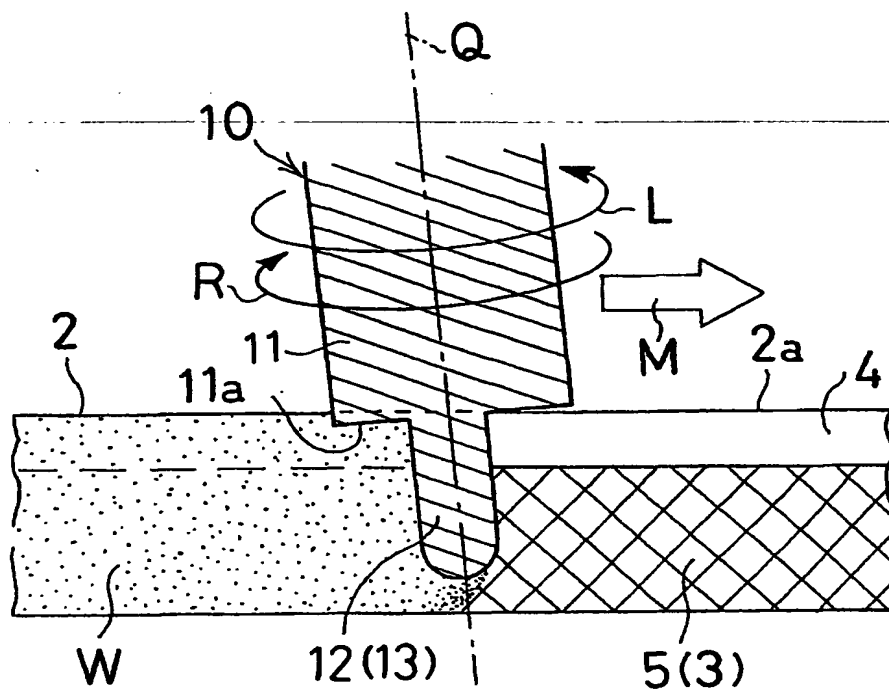
6. 前記薄肉部は前記厚肉部の周囲に形成されており、且つ、前記厚肉部が底壁部形成用部位又は天壁部形成用部位であり、前記薄肉部が周壁部形成用部位である請求項 5 記載の塑性加工用板状素材。

7. 請求項 5 又は 6 記載の塑性加工用板状素材が塑性加工されることにより形成されていることを特徴とする有底筒状体。

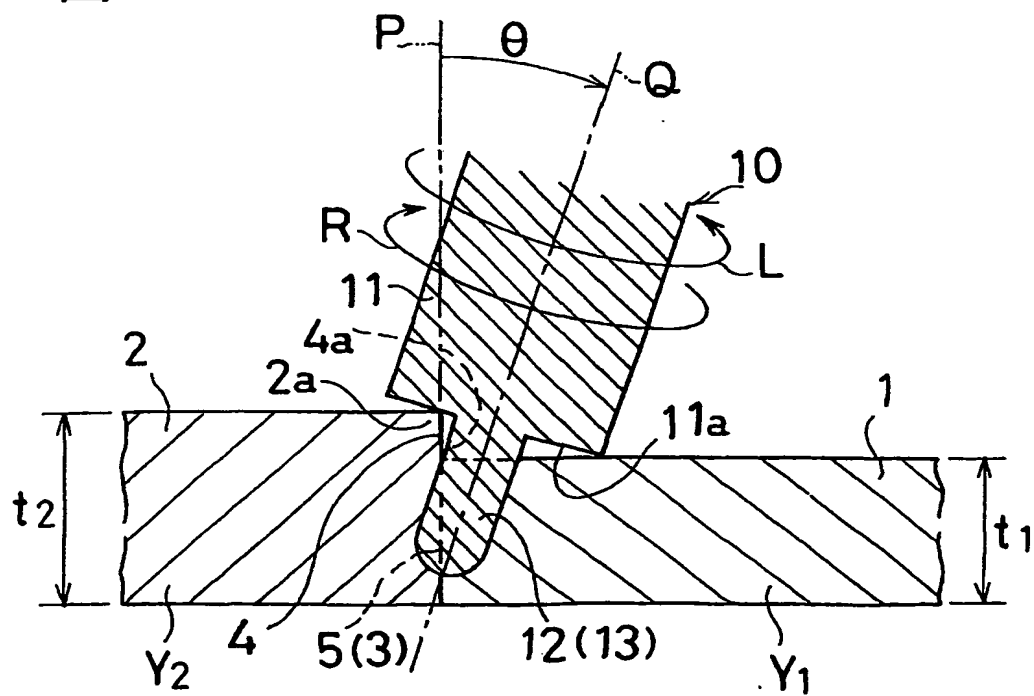
## 第1図



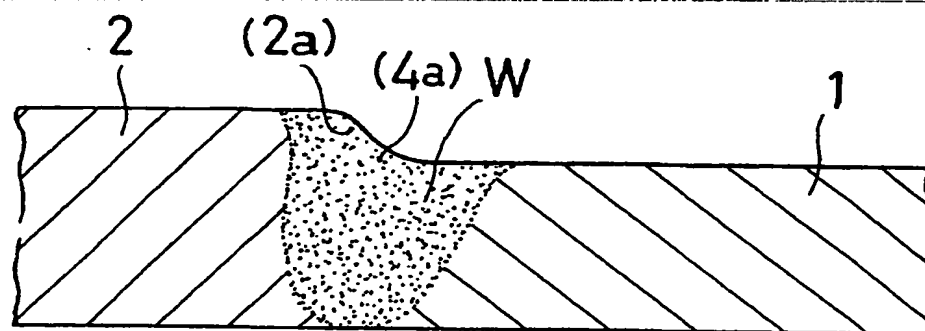
第2図



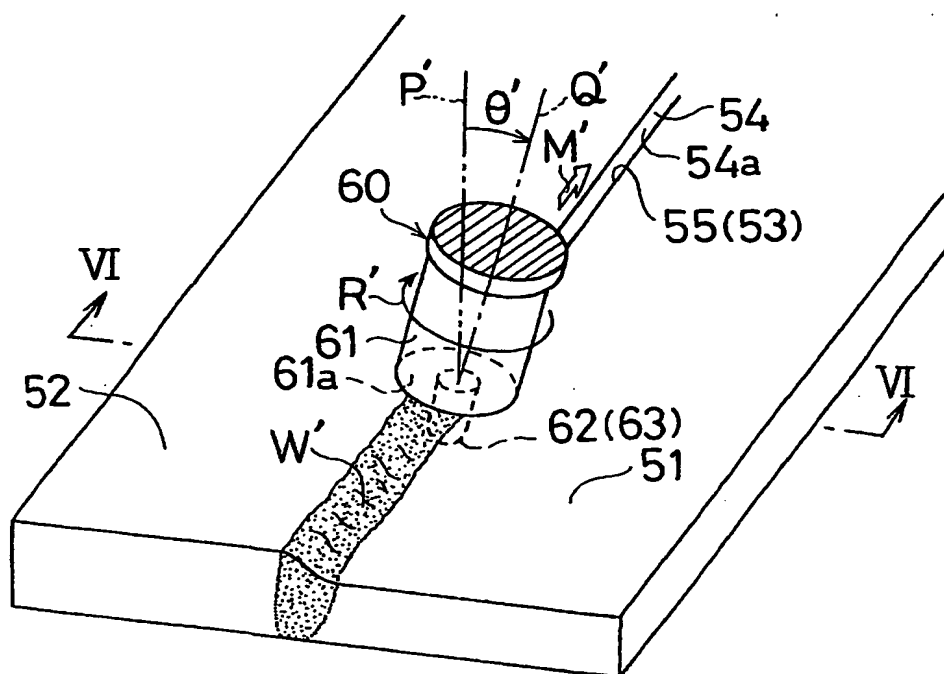
第3図



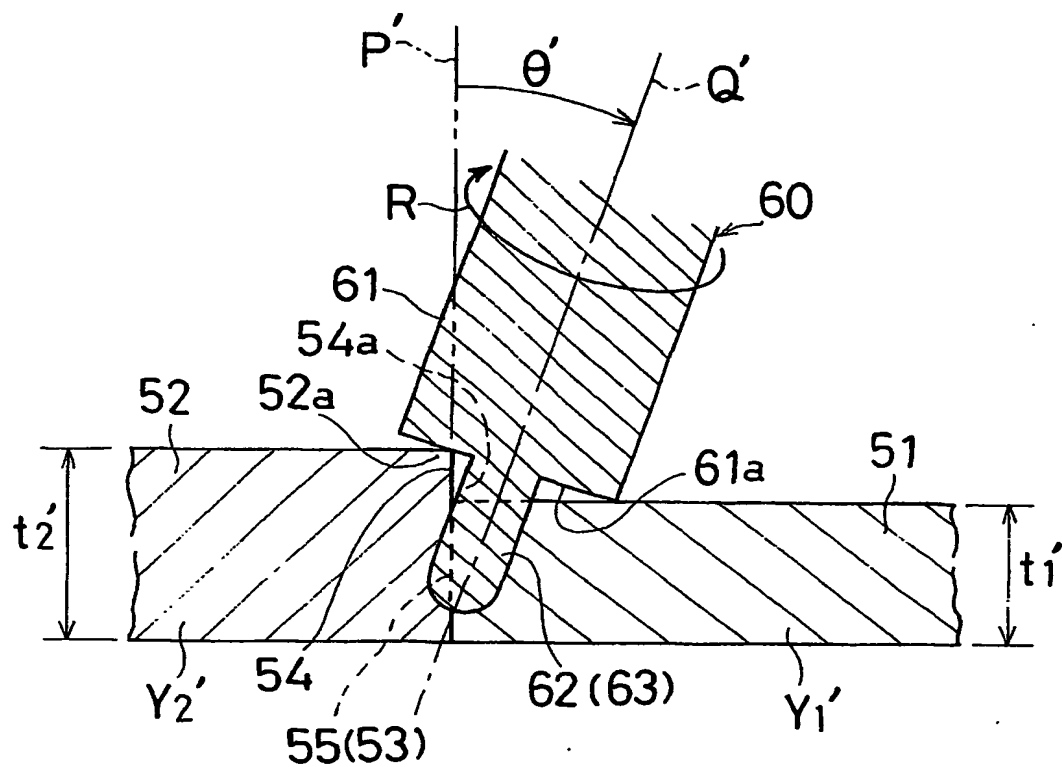
第4図



第5図

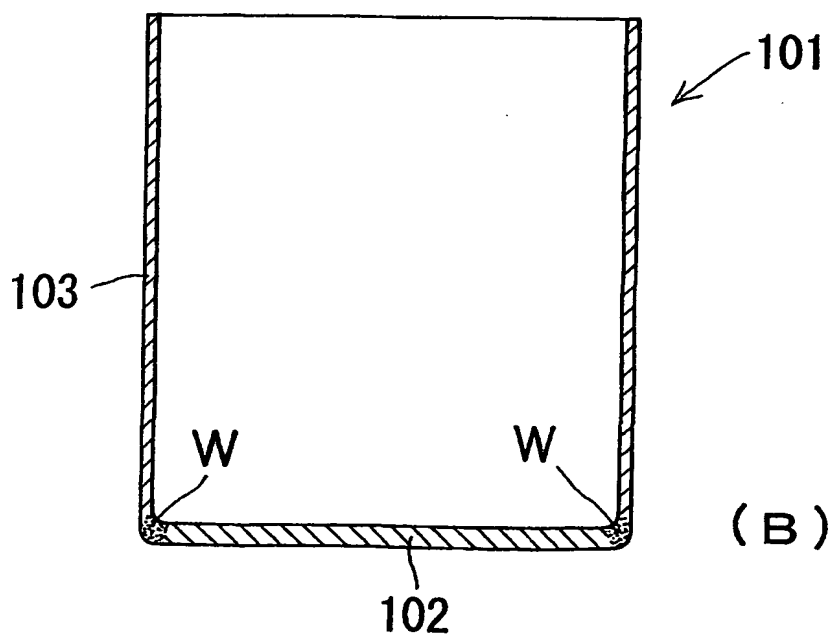
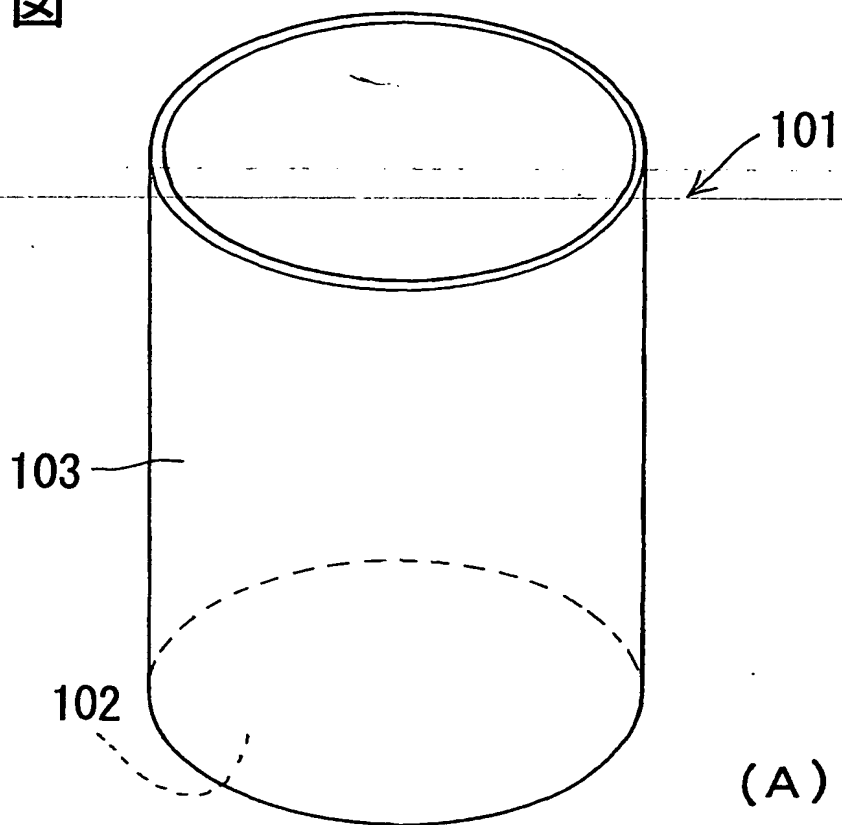


第 6 図

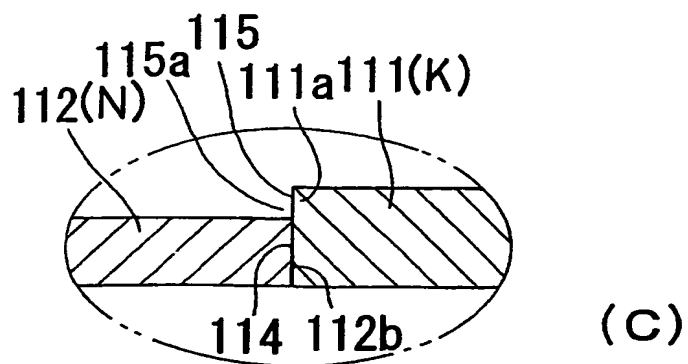
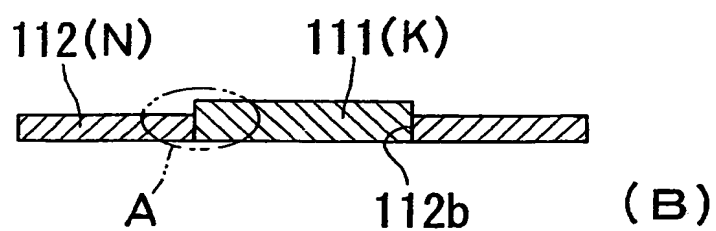
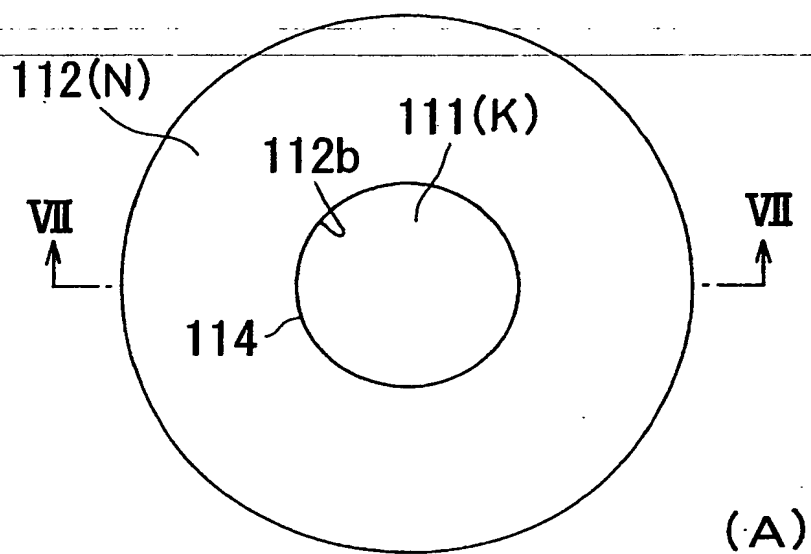




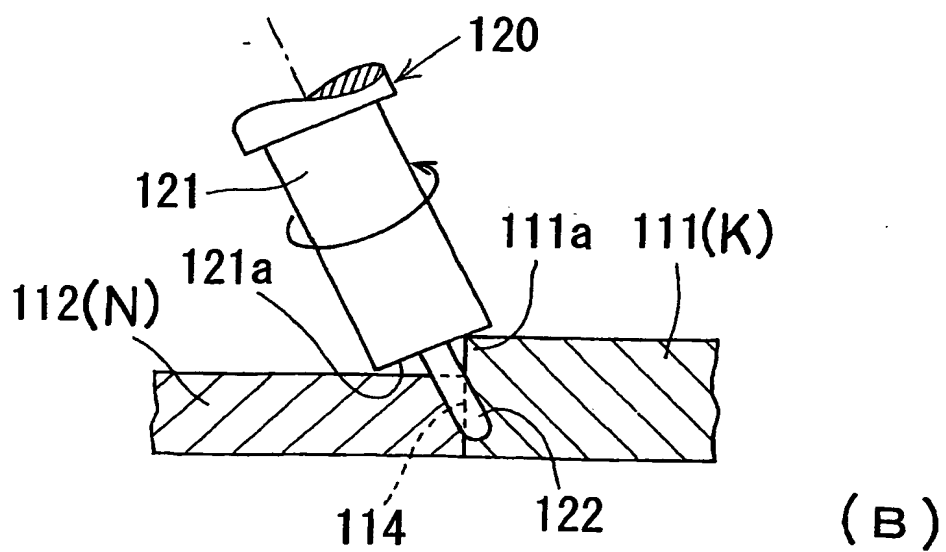
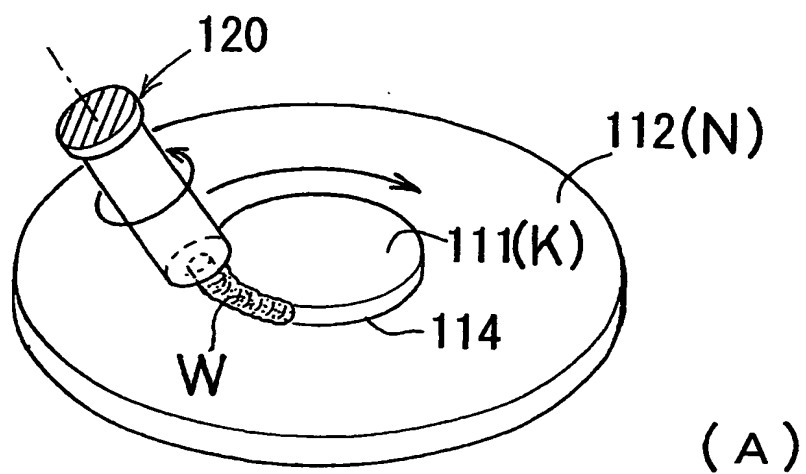
第7図



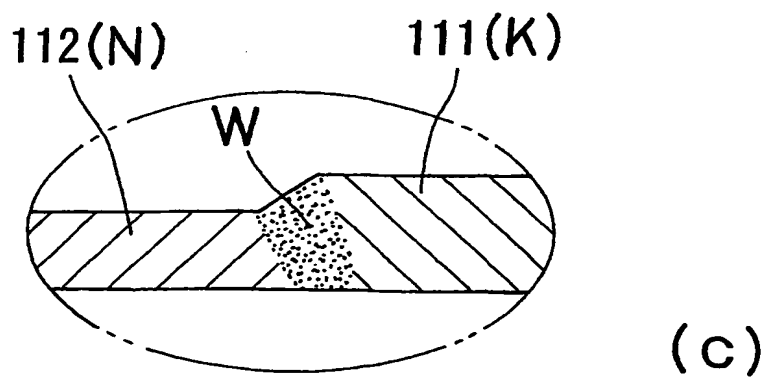
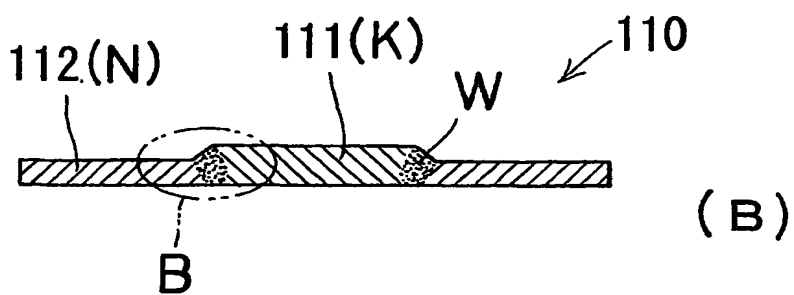
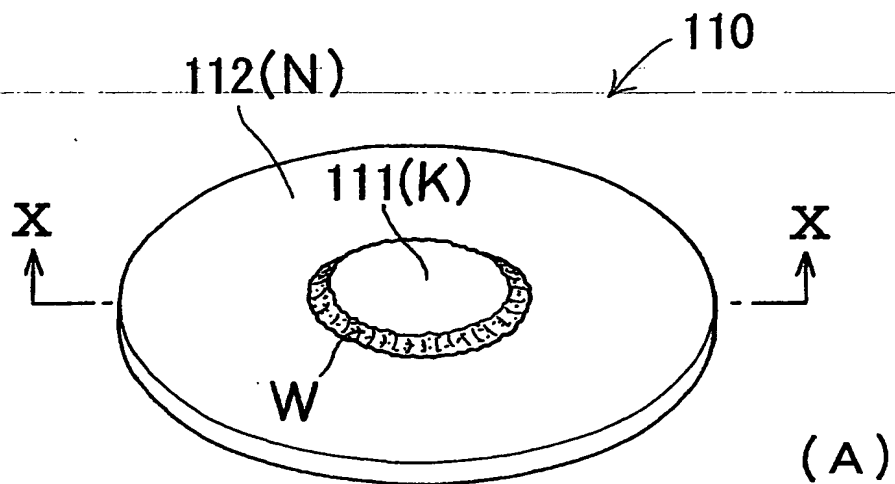
# 第 8 図



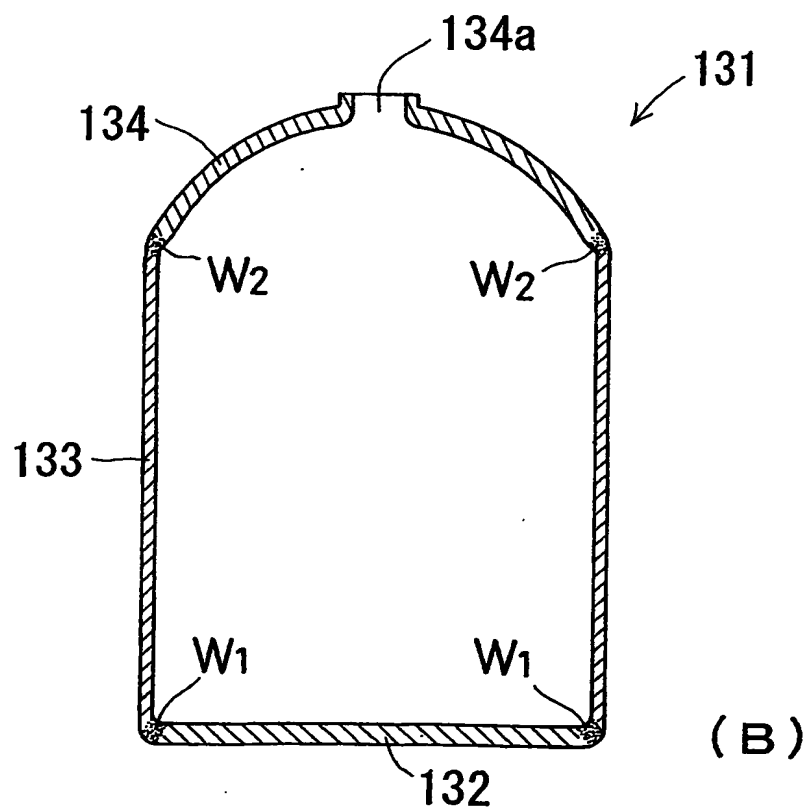
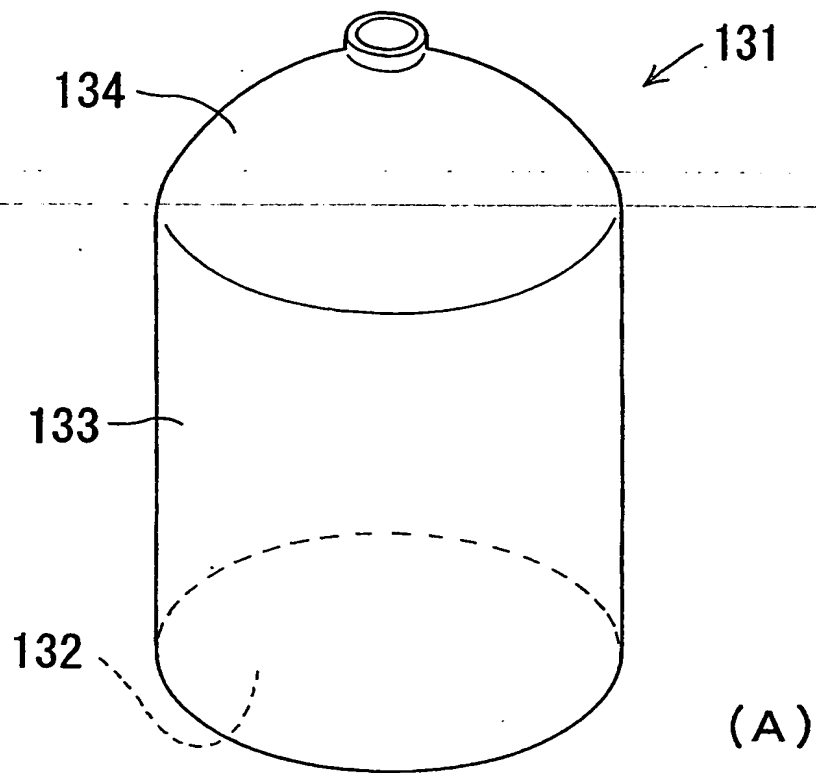
## 第9図



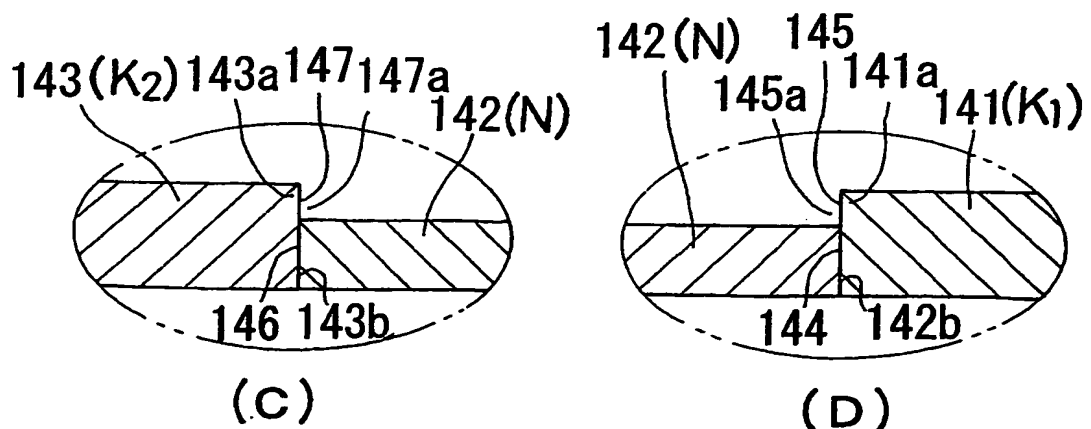
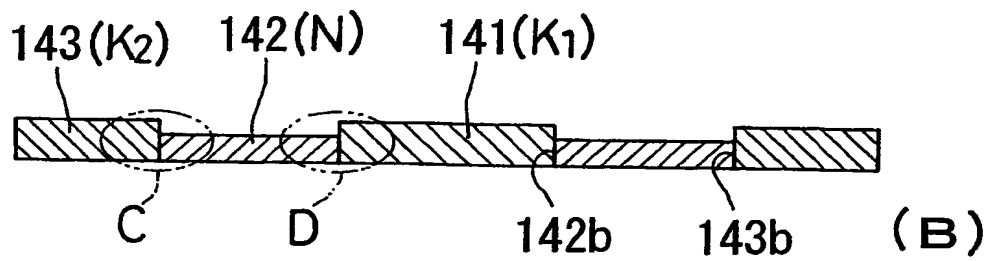
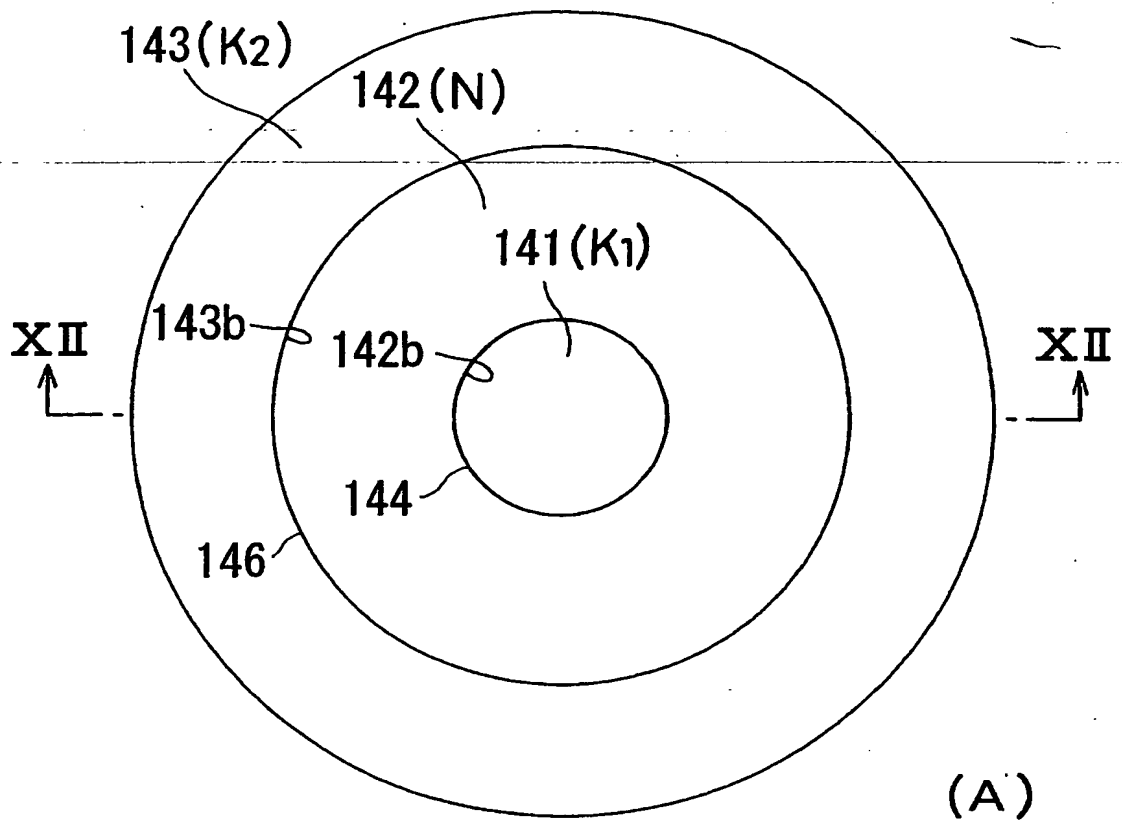
第 10 図



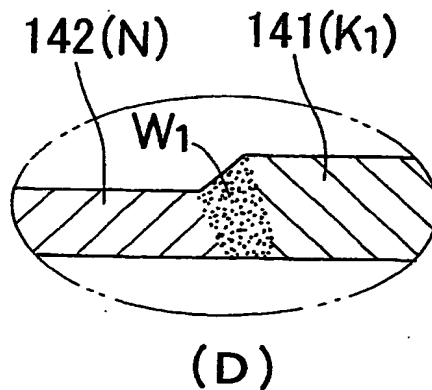
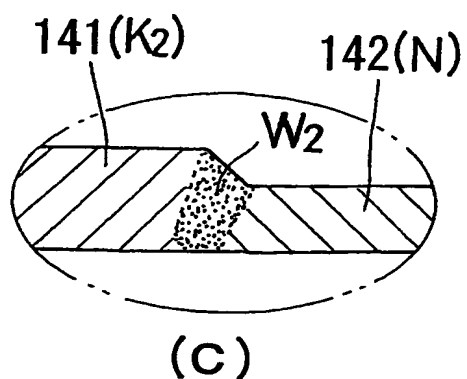
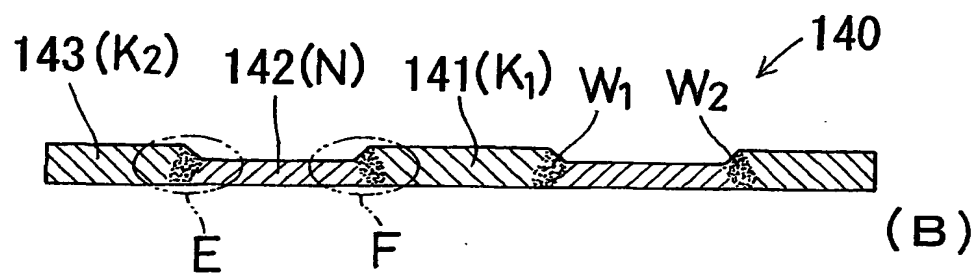
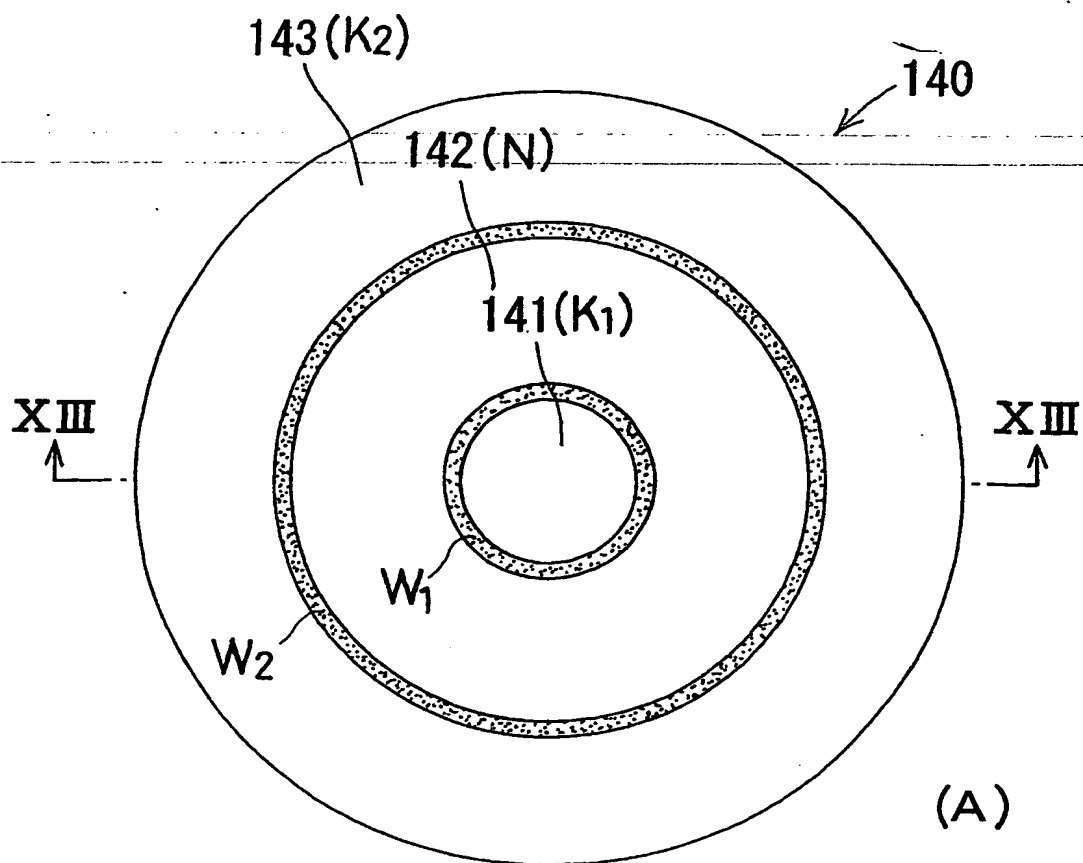
第 1 1 図



第 1 2 図



## 第 1 3 図



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/02144

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> B23K20/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> B23K20/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>X<sub>L</sub></u> A	JP 2000-167676 A (Sumitomo Light Metal Industries, Ltd.), 20 June, 2000 (20.06.00), Column 8, lines 3 to 30; column 9, lines 17 to 41; Figs. 1 to 2, 5; Claim 9; column 6, line 50 to column 7, line 21 (Family: none)	<u>5<sub>L</sub></u> 1-4, 6-7
<u>P, X<sub>L</sub></u> P, A	JP 2001-269779 A (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 02 October, 2001 (02.10.01), Claim 1; column 3, lines 13 to 21; column 5, line 21 to column 6, line 36; Fig. 1 (Family: none)	<u>1, 3, 5<sub>L</sub></u> 2, 4, 6-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
04 June, 2002 (04.06.02)

Date of mailing of the international search report  
18 June, 2002 (18.06.02)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/02144

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>P,X</u> P,A	JP 2001-321968 A (Sumitomo Light Metal Industries, Ltd.), 20 November, 2001 (20.11.01), Claims 3 to 5; column 4, line 30 to column 5, line 14; column 5, line 35 to column 6, line 43; Fig. 1 (Family: none)	<u>1,3,5</u> 2,4,6-7
P,A	JP 2002-35961 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 05 February, 2002 (05.02.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-7

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>1</sup> B23K20/12

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>1</sup> B23K20/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2002年
日本国実用新案登録公報	1996-2002年
日本国登録実用新案公報	1994-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>X,</u> A	JP 2000-167676 A (住友軽金属工業株式会社) 2000. 06. 20 第8欄第3-30行, 第9欄第17-41行, 図1-2, 5 請求項9, 第6欄第50行-第7欄第21行 (ファミリーなし)	<u>5,</u> 1-4, 6-7
<u>P, X,</u> P, A	JP 2001-269779 A (日本軽金属株式会社) 2001. 10. 02 請求項1, 第3欄第13-21行, 第5欄第21行-第6欄第36行, 図 I (ファミリーなし)	<u>1, 3, 5,</u> 2, 4, 6-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04. 06. 02

国際調査報告の発送日

18.06.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

加藤 昌人



3P

9257

電話番号 03-3581-1101 内線 3362

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, X, P, A	JP 2001-321968 A (住友軽金属工業株式会社) 2001. 11. 20 請求項3-5, 第4欄第30行-第5欄第14行, 第5欄第35行-第6欄第43行, 図1 (ファミリーなし)	1, 3, 5, 2, 4, 6-7
P, A	JP 2002-35961 A (昭和電工株式会社) 2002. 02. 05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7

---

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**